COMMITTENTE:	PROGETTO:
Lombardini 22 *Via Lombardini, 22* **20143 Milano (MI)**	**REALIZZAZIONE NUOVO DATA CENTER TIM** Via Ticino, 64 Santo Stefano Ticino (MI)

Relazione geologica e geologico-tecnica ai sensi delle N.T.C. 2018

BON.2020.CLI.129	*gennaio 2021*	*Prima emissione*	*F. Lucini* *L. Pessina*	*L. Cafaro*	*P. Mauri*
COMMESSA	*DATA*	*REV*	*REDATTO*	*VERIFICATO*	*APPROVATO*

Premessa

Con il presente documento, ***Ambiente spa*** ha eseguito il mandato affidatole da **LOMBARDINI 22** con la diligenza richiesta.

Le elaborazioni ed i risultati illustrati nel presente documento, sono stati ottenuti ottemperando le normative vigenti e le regole riconosciute nel settore di operatività e sono basati sullo stato delle conoscenze all'atto di stesura del rapporto.

In riferimento a ciò Ambiente spa ha proceduto alla predisposizione della presente documentazione richiesta secondo le informazioni e le specifiche fornite dalla Committenza, la quale pertanto si assume ogni qualsivoglia responsabilità in ordine alla veridicità e correttezza delle stesse.

A tal fine, ***Ambiente spa*** considera che:

- il committente, o i terzi da lui designati, hanno fornito tutte le informazioni corrette ed i documenti completi per l'esecuzione del mandato;
- il presente documento non verrà utilizzato in modo parziale;
- le elaborazioni ed i risultati conseguiti presenti nel seguente documento non verranno utilizzati per uno scopo diverso da quello convenuto o per altro oggetto, né saranno trasposti a circostanze modificate, senza essere stati riesaminati;
- nel presente documento con il termine "Committente" si intende la società LOMBARDINI 22 che ha incaricato Ambiente spa per la redazione del presente documento.

SOMMARIO

1 INTRODUZIONE 1

2 BIBLIOGRAFIA 3

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 3

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO 4

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 4
4.2 INQUADRAMENTO IDROSTRATIGRAFICO 5
4.3 STRUTTURA IDROGEOLOGICA LOCALE 8
4.3.1 Piezometria 9
4.4 POZZI E PIEZOMETRI ESISTENTI ALL'INTERNO DEL SITO 10
4.5 LIVELLI DELLA FALDA FREATICA ALL'INTERNO DELL'AREA DI STUDIO 11

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO 1

6 INQUADRAMENTO SISMICO 4

7 FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI 5

8 DETTAGLI DEL PROGETTO 8

9 CAMPAGNA D'INDAGINE GEOGNOSTICA 9

9.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE 10
9.2 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO 11
9.2.1 Sondaggi geotecnici con prove SPT 11
9.2.2 Sondaggi ambientali 12
9.3 PROVE LEFRANC 13
9.4 INDAGINE SISMICA MASW 14

10 ESITI DELLE INDAGINI 15

10.1 STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO 15
10.2 DEFINIZIONE DEGLI ORIZZONTI GEOTECNICI OMOGENEI 15
10.3 ESITI ANALITICI: CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELL'ORIZZONTE 21.0-21.7M 18
10.4 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI 18
10.4.1 Peso volume del terreno (γ') 18
10.4.2 Densità relativa (Dr) 19
10.4.3 Coesione (C) 21
10.4.4 Angolo di attrito efficace (φ') 21
10.4.5 Modulo elastico (E) 23
10.4.6 Coefficiente di sottofondo (K_{sv}) 25
10.5 INTERPRETAZIONE PROVE LEFRANC 25
10.6 STRATIGRAFIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO 25

11 MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DEL SITO 27

INDICE FIGURE

Figura 1 - Inquadramento geografico 4
Figura 2 - Inquadramento geologico 5
Figura 3 - Riassunto schematico della successione delle unità idrostratigrafiche 6
Figura 4 - Inquadramento idrogeologico 9
Figura 5 - Ubicazione pozzi (Px) e piezometri (PzX) all'interno del sito 11
Figura 6 - Livelli dinamici misurati negli anni 1999, 2000 e 2001 (fonte: Studio Fontana) 13
Figura 7 - Inquadramento geotecnico 1
Figura 8 - Diagrammi penetrometrici indagini pregresse 2
Figura 9 - Indicazioni sul modello geotecnico 3
Figura 10 - Pericolosità Sismica Locale-PSL 4
Figura 11 - Fattibilità geologica 5
Figura 12 - Carta dei vincoli 7
Figura 13 – Ubicazione punti di indagine 10
Figura 14 – Grafico NSPT corretto – N' / profondità 17
Figura 15 - Correlazioni per la determinazione della Dr 19
Figura 16 – Grafico Densità relativa / profondità 20
Figura 17 - Correlazioni per la determinazione di φ' 21
Figura 18 – Grafico angolo d'attrito / profondità 22
Figura 19 – Grafico modulo elastico / profondità 24

INDICE TABELLE

Tabella 1 - Quote piano campagna e bocca pozzo dei pozzi/piezometri esistenti 11
Tabella 2 - Determinazione delle quote freatimetriche dei pozzi/piezometri esistenti 12
Tabella 3 - Prove Lefranc: riassunto 13
Tabella 4 - Esiti delle prove DPSH: definizione orizzonti omogenei e valori di NSCPT caratteristico 16
Tabella 5 - Esiti delle prove SPT in foro: definizione orizzonti omogenei 16
Tabella 6 - Esiti analisi geotecniche 18
Tabella 7 - Determinazione del peso volume (γ') 19
Tabella 8 - Determinazione delle densità relativa (Dr) 21
Tabella 9 - Determinazione dell'angolo di attrito efficace (φ') 21
Tabella 10 - Determinazione del modulo elastico (E) 23
Tabella 11 - Prove Lefranc: risultati 25
Tabella 12 - Modello concettuale geologico-tecnico 28

ALLEGATI

Allegato 1 – Elaborato fotografico

Allegato 2 – Diagrammi penetrometrici

Allegato 3 – Stratigrafie sondaggi e piezometri

Allegato 4 – Rapporto di prova analisi geotecniche

Allegato 5 – Interpretazione Prove Lefranc

Allegato 6 – Elaborazione indagine sismica

1 INTRODUZIONE

Il presente documento, redatto per conto di **LOMBARDINI 22**, costituisce la relazione geologica e geologico-tecnica redatta sulla base della campagna d'indagine geognostica condotta nel mese di dicembre 2020 presso l'ex stabilimento "Tessiture di Nosate S.p.A.", in Comune di Santo Stefano Ticino (MI). L'area in esame sarà oggetto di riqualificazione per conversione a Data Center TIM.

Nel dettaglio, sulla base delle richieste dei progettisti delle nuove strutture, si è proceduto alla realizzazione di:

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue (*P1÷P4*), due delle quali nell'area esterna (*P1* e *P2*) e due all'interno del capannone "tessitura" (*P3* e *P4*);
- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, di cui:
  - sondaggio *S1*: spinto sino alla profondità di 45m da p.c. e attrezzato a piezometro (diam. 3'', fenestrato tra 36-45m). Esecuzione di SPT in foro ogni 1.5m di avanzamento da 0 a 15m da p.c. e ogni 3m da 15 a 30m da p.c.;
  - sondaggio *S2*: spinto sino alla profondità di 30m da p.c. con esecuzione di SPT in foro (ogni 1.5m di avanzamento da 0 a 15m da p.c. e ogni 3m da 15 a 30m da p.c.) e prelievo di un campione di terreno indisturbato in fustella per analisi geotecniche;
- n. 2 stendimenti sismici MASW.

Nell'ambito della campagna di indagine si è proceduto, inoltre, alla realizzazione di sondaggi ambientali finalizzati alla classificazione delle terre di scavo e di prove lefranc per il dimensionamento delle opere di dispersione delle acque meteoriche e la caratterizzazione idrogeologica. In particolare:

- n. 5 sondaggi a carotaggio continuo (S-AMB-1 ÷ S-AMB-5) spinti sino alla profondità di 3m da p.c.;
- n. 4 prove Lefranc così suddivise:
  - S-AMB-1: tra 2.5 e 3.0m da p.c.;
  - S-AMB-3: tra 1.5 e 2.0m da p.c.;
  - S-AMB-4: tra 2.5 e 3.0m da p.c.;
  - S-AMB-5: tra 2.5 e 3.0m da p.c.

Sulla base degli esiti delle indagini condotte, il modello geologico-geotecnico del sito è schematizzabile come di seguito dettagliato:

Orizzonte A

Orizzonte di depositi granulari sciolti di spessore prossimo ai 4.0m, costituito da sabbie fini limose sino a profondità di 1.5m e, inferiormente, da sabbie e ghiaie con ciottoli.

Orizzonte B

Orizzonte di depositi granulari mediamente addensati intercettato sino a profondità massime di 6.5m da p.c., costituito prevalentemente da sabbie e ghiaie con ciottoli.

Orizzonte C

Orizzonte di depositi granulari mediamente addensati riscontrato sino a profondità massime di 15m da p.c., costituito prevalentemente da sabbie e ghiaie debolmente limose con ciottoli;

Orizzonte D

Orizzonte di depositi granulari mediamente addensati, costituito da sabbie e ghiaie con ciottoli e, oltre i 30m di profondità, da sabbie medie e fini debolmente limose, con ghiaia e abbondanti ciottoli.

L'acqua libera nel sottosuolo, nel periodo di ottobre 2020, è stata rilevata alla quota di circa -5.5m da piano campagna mentre, nel gennaio 2021, a circa -6.5m da p.c. registrando, in corrispondenza del piezometro PzB, un abbassamento di 1.35m. Per quanto riguarda la porzione profonda dell'acquifero, la misura effettuata in corrispondenza del piezometro S2 in data 08/01/2021 ha restituito un valore di -7.80m da p.c.

Le indagini sismiche condotte ai sensi del D.M. 17/01/2018 (N.T.C.) hanno permesso di attribuire all'area d'indagine una **categoria di sottosuolo C.**

Nella tabella seguente si riporta il riassunto dei parametri geotecnici dei quattro orizzonti individuati, determinati sulla base degli esiti delle indagini di campo.

	Profondità	**N*spt***	**Peso di volume-γ_n**	**Densità relativa-Dr**	**Coesione-C**	**Angolo di attrito-ϕ**	**Modulo elastico-E**
	(m da p.c.)	**(Colpi/30cm)**	**(kN/m^3)**	**(%)**	**(kPa)**	**(°)**	**(MPa)**
Orizzonte A	*0.0-4.0*	*3 - 10*	*18.0*	*40*	*0*	*32*	*10*
Orizzonte B	*4.0-6.5*	*10 - 25*	*19.0/9.0*	*65*	*0*	*35*	*30*
Orizzonte C	*6.5-15*	*8 - 13*	*9.0*	*50*	*0*	*34*	*20*
Orizzonte D	*>15*	*10 - 15*	*9.0*	*60*	*0*	*35*	*30*

2 BIBLIOGRAFIA

Per la stesura della presente relazione sono stati consultati i seguenti documenti:

- "*Componente geologica, idrogeologica e sismica della variante al Piano di Governo del Territorio (PGT) del Comune di Santo Stefano Ticino (MI)"* – STUDIO di GEOLOGIA dott. Geol. Marco Di DONATO, ottobre 2019;
- "*Studio delle oscillazioni del livello di falda*" – Studio Fontana, aprile 2000.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il comparto oggetto della presente relazione è rappresentato dall'area "ex Tessiture di Nosate S.p.A.", ubicata nell'estremo settore occidentale del Comune di Santo Stefano Ticino (MI) ed il cui accesso si situa in Via Ticino n.66 (Figura 1).

La morfologia del sito è generalmente pianeggiante e livellata a quote prossime ai 150m s.l.m., fatta eccezione per la porzione a verde nordorientale che risulta ondulata, essendo livellata tra la quota massima di circa 153 m s.l.m. e un'area depressa, residua di un'antica cava, con fondo a quota circa 144 m s.l.m.

Figura 1 - Inquadramento geografico
(immagine satellitare Google Earth)

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

4.1 Inquadramento geologico

L'area in esame è collocata in un ambito di transizione tra l'alta pianura, a substrati ghiaiosi con falda profonda, e la media pianura, caratterizzata dall'emergenza della falda e dalla presenza di tessiture meno grossolane.

Si tratta di una superficie subpianeggiante, a tratti debolmente convessa, con pendenza regionale verso sud, inserita nel Livello Fondamentale della Pianura. Con tale termine si intende l'inviluppo delle superfici aggradate, in prevalenza (poiché in realtà sono superfici policicliche), durante l'ultima grande fase glaciale, corrispondente alla glaciazione würmiana, di età tardo pleistocenica superiore.

A livello regionale si può osservare che nell'alta pianura il substrato è, in modo omogeneo, fortemente ghiaioso, mentre nella media pianura si osserva una maggiore differenziazione tessiturale, legata a situazioni deposizionali di alta e bassa energia. È inoltre riconoscibile un trend nell'aumento della frazione

granulometrica più fine che, nei settori più distali, ha portato alla deposizione di sedimenti sabbiosi e limosi.

Nella zona di transizione in cui ricade l'area in esame dominano, negli strati superficiali, ancora i substrati grossolani, compresi tra termini ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi.

Secondo quanto contenuto nella *Componente geologica, idrogeologica e sismica* allegata al Piano di Governo del Territorio (PGT) di Santo Stefano Ticino, l'interno territorio comunale è contraddistinto dalla presenza dei depositi in facies fluvioglaciale appartenenti all'*Allogruppo di Besnate-Unità di Sumirago* (Figura 2) e costituiti da ghiaie (talora ciottoli) poligeniche medio-grossolane con matrice sabbiosa o sabbioso-limosa con locale presenza di lenti di sabbie medio-fini, passanti a sabbie medio fini limose.

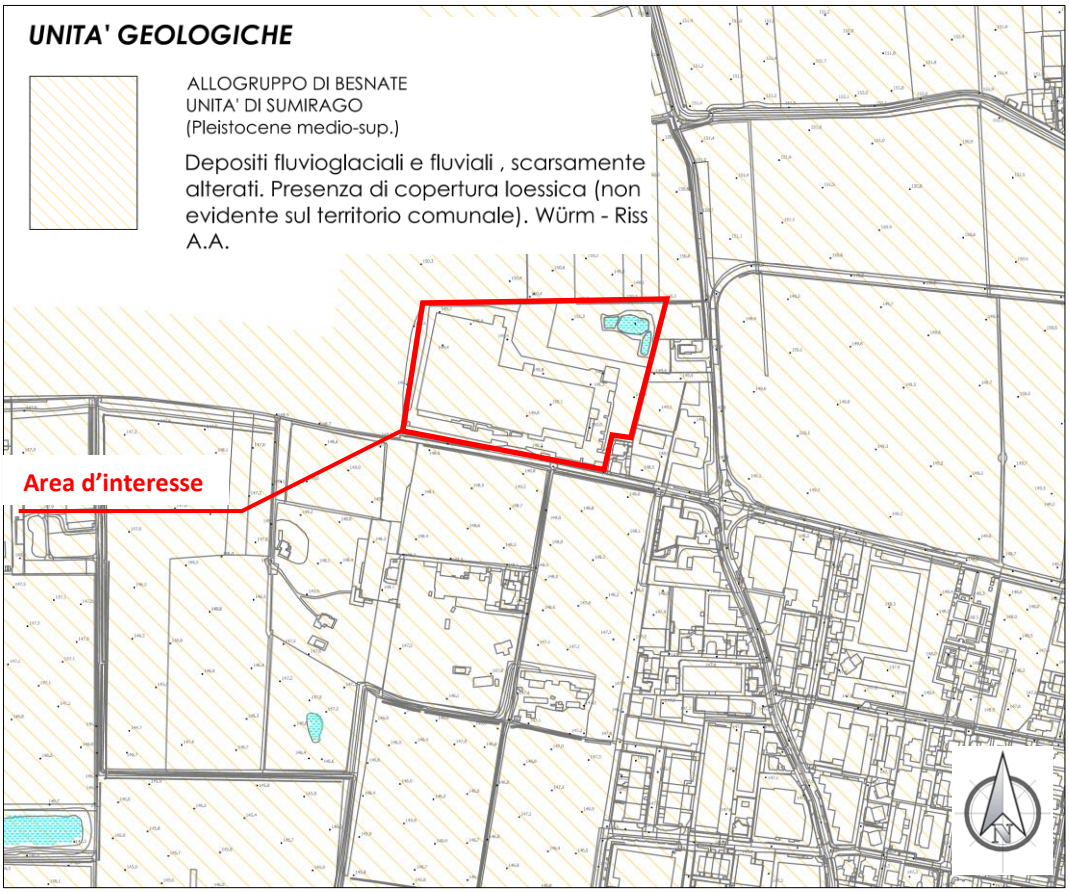

UNITA' GEOLOGICHE
ALLOGRUPPO DI BESNATE
UNITA' DI SUMIRAGO
(Pleistocene medio-sup.)
Depositi fluvioglaciali e fluviali , scarsamente alterati. Presenza di copertura loessica (non evidente sul territorio comunale). Würm - Riss A.A.
Area d'interesse
N

Figura 2 - Inquadramento geologico
(stralcio della tavola GEO-01 allegata alla Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale)

4.2 Inquadramento idrostratigrafico

L'assetto stratigrafico del sottosuolo dell'area in esame vede l'alternanza di corpi sedimentari di diverso spessore costituiti da terreni con granulometrie e caratteri tessiturali e strutturali anche molto diversi tra

loro. Questa variabilità si trasmette in un'architettura idrostratigrafica del sottosuolo complessa, caratterizzata da un'alternanza di corpi acquiferi e acquitardi di diversa importanza regionale.

La letteratura tradizionale individua, nel sottosuolo del territorio milanese, una successione idrostratigrafica caratterizzata da corpi geologici denominati Unità Stratigrafiche o Idrostratigrafiche/Idrogeologiche, le cui nomenclature risultano ormai superate. Per comodità risulta in ogni caso utile una suddivisione di massima tra le Unità Idrostratigrafiche superficiali, a granulometria prevalente ghiaioso-sabbiosa e sedi di falde libere e semiconfinate (“Acquifero Tradizionale”) e le Unità più profonde, caratterizzate da granulometrie prevalenti più fini e sedi di falde confinate (“Acquiferi Profondi”).

La pubblicazione della Regione Lombardia - ENI-AGIP del 2002 "*Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia*" raggruppa le unità idrostratigrafiche individuate nel sottosuolo della Pianura lombarda in quattro Gruppi Acquiferi (A, B, C, D). Tali gruppi sono delimitati alla base da una superficie stratigrafica (limite di sequenza) che definisce l'inizio di un ciclo regressivo – trasgressivo, corrispondente alla paleo-fisiografia del bacino sedimentario a un dato tempo. La fase trasgressiva che termina il ciclo è rappresentata da un livello di argille marine o sedimenti fini continentali che coincide con un acquicludo di importanza regionale.

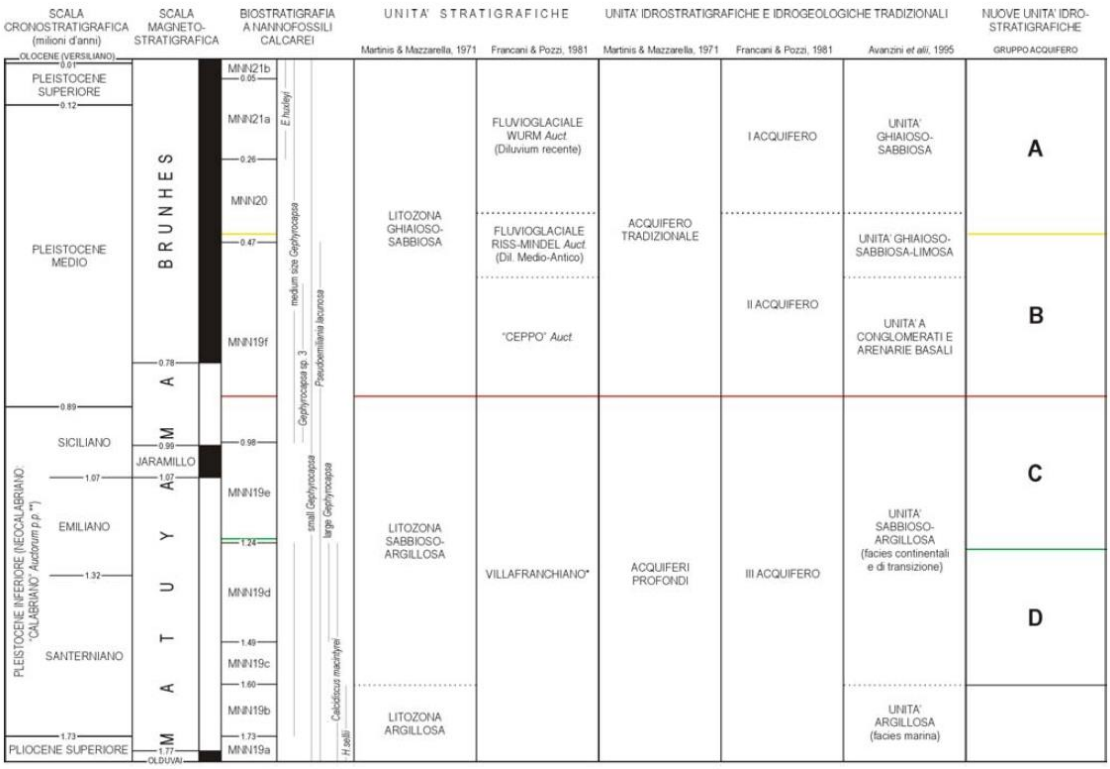


Figura 3 - Riassunto schematico della successione delle unità idrostratigrafiche

I Gruppi Acquiferi individuati dalla pubblicazione della Regione Lombardia, ENI-AGIP (2002), in ordine stratigrafico, sono i seguenti:

- *Gruppo D (Pleistocene Inferiore):* sedimentazione marina caratterizzata da argilla e silt con sabbie fini su cui progradano da nord verso sud, in sequenza negativa (CU), sabbie medie e ghiaie di delta conoide;
- *Gruppo C (Pleistocene Medio):* progradazione da ovest verso est dei sistemi deposizionali padani (depositi marini di scarpata, piattaforma, transizionali e quindi continentali), e colmamento dei bacini profondi a sedimentazione torbiditica. I corpi sabbiosi deltizi e litorali costituiscono acquiferi di buono spessore, permeabilità e continuità laterale; le argille marine e di piana alluvionale sono ottimi acquitardi. L'evoluzione regressiva è interrotta da un'importante fase trasgressiva durante la quale si ha deposizione di argille marine di piattaforma, che costituiscono un corpo di significativo spessore stratigrafico e notevole continuità laterale che compartimenta il gruppo in due distinti acquiferi a scala regionale.
- *Gruppo B (Pleistocene Medio):* segna il passaggio alla deposizione generalizzata di sedimenti grossolani (sabbie, ghiaie, ciottoli) di ambiente esclusivamente continentale (sistemi fluviali meandriformi e braided). È costituito da due cicli positivi (FU) di pari spessore (20-25 m), con generale aumento verso l'alto della granulometria dei sedimenti (più sabbioso il ciclo inferiore, ghiaioso quello superiore). I sedimenti fini, molto subordinati, sono limitati alla parte bassa della successione (ciclo positivo inferiore) con intercalazioni di argilla e silt di spessore decimetrico fino a metrico; tali corpi, più frequenti e spessi nei settori meridionali della pianura lombarda, possono avere conseguenze positive sul confinamento e la vulnerabilità delle falde.
- *Gruppo A (Pleistocene Medio-Sup.):* caratterizzato da ambienti e sistemi deposizionali simili a quelli del Gruppo B, ma con sedimenti generalmente più grossolani (ghiaie e ciottoli con subordinate sabbie), di ambiente fluviale braided ad alta energia. Lo spessore del gruppo è di circa 20-40 m, localmente 70 m; le intercalazioni argillose sono poco spesse (decimetri) e poco estese, e non determinano significativi confinamenti della falda.

L'acquifero corrispondente al gruppo "A" è quello tradizionalmente indicato come Unità sabbioso-ghiaiosa, mentre al gruppo "B" è possibile far corrispondere l'Unità sabbioso-ghiaioso-limosa e l'Unità a conglomerati e arenarie basali.

La falda libera è contenuta nell'Unità sabbioso-ghiaiosa ed è separata dalle sottostanti falde semiconfinate da un orizzonte limoso di spessore variabile e localmente discontinuo. L'Acquifero tradizionale, formato dai Gruppi Acquiferi A e B, costituisce infatti un sistema multifalda comprendente falde libere e semiconfinate parzialmente intercomunicanti tra loro.

La bibliografia di settore indica che l'orizzonte semipermeabile di separazione tra il Gruppo Acquifero A ed il Gruppo Acquifero B è un orizzonte discontinuo e che i due acquiferi si presentano, di fatto, spesso intercomunicanti (Piccin, 2009). La base del Gruppo Acquifero B, posta in quest'area a una profondità di circa 90 m, corrisponde, invece, ad una importante discontinuità stratigrafica a livello regionale ed è quindi forse più lecito considerare quest'ultima come base dell'acquifero superficiale in esame (Acquifero Tradizionale).

4.3 Struttura idrogeologica locale

La ricostruzione della struttura idrogeologica dell'area è stata desunta da quanto contenuto nella *Componente geologica, idrogeologica e sismica* allegata al Piano di Governo del Territorio (PGT) comunale.

In particolare, il Gruppo Acquifero A è presente con continuità in tutto il territorio ed è costituito da depositi in facies fluviale e fluvioglaciale formati da ghiaie e sabbie con intercalazioni di livelli argillosi che aumentano di spessore e frequenza con la profondità. Tali livelli a bassa permeabilità determinano localmente la compartimentazione dell'acquifero superiore ("primo acquifero"). Lo spessore dell'unità varia da 80 a 100 m, con aumento verso S. A scala di dettaglio la diminuzione generale della granulometria con la profondità e la correlazione di orizzonti fini ha permesso di suddividere il gruppo acquifero in tre sottogruppi A1, A2 e A3.

Sottogruppo A1

Si caratterizza dalla predominanza di ghiaie, da fini a grossolane, con rari ciottoli (diametro centimetrico), in matrice sabbiosa generalmente grossolana o media; localmente si osserva una connotazione sabbiosa in matrice debolmente limosa. Il sottogruppo è presente nella porzione SE del territorio comunale con uno spessore medio di circa 10-14 m, separato dal sottostante sottogruppo A2 dalla presenza discontinua di orizzonti limoso-argillosi di spessore metrico; l'unità è sede di acquifero sospeso a carattere locale.

Sottogruppo A2

È costituito da ghiaie e ghiaie sabbiose con intercalazioni metriche limoso sabbiose e argillose. Questi depositi sono delimitati a letto da un orizzonte dello spessore di 2-5 m localmente continuo, francamente limoso/argilloso posto a profondità di circa 40 m da p.c. Il sottogruppo è sede dell'acquifero superiore (porzione superficiale), con carattere da libero, in comunicazione idraulica con l'acquifero sospeso, a semiconfinato, per la presenza dei livelli limoso-argillosi di separazione con il sottogruppo A1, la cui soggiacenza si attesta tra 3.5 e 4.5 m da p.c.

Sottogruppo A3

È costituito da sabbie e ghiaie in matrice debolmente limosa con intercalazioni metriche di limi, limi sabbiosi e argille limose. L'unità, presente fino alle profondità di 80-100 m da p.c., è sede dell'acquifero superiore (porzione inferiore) di tipo semiconfinato, in locale comunicazione idraulica con l'acquifero del sottogruppo A2, ad elevata vulnerabilità, tradizionalmente captato dai pozzi dell'area.

4.3.1 Piezometria

Facendo riferimento a quanto contenuto nella *Componente geologica, idrogeologica e sismica* del PGT comunale, il livello della prima falda, misurato nella seconda metà del mese di luglio 2018, varia da una profondità di circa 7m da p.c., nel settore settentrionale del territorio comunale, a 4m da p.c., in quello meridionale.

L'andamento delle isofreatiche denota un flusso principale con direzione da NNO verso SSE, con gradiente idraulico non costante, ma connesso principalmente alle caratteristiche litologiche dei depositi, alla presenza di vari cavi e canali che possono disperdere le loro acque nel sottosuolo e, infine, alla tipologia di uso del suolo.

In Figura 4, stralcio della tavola GEO-02 allegata alla *Componente geologica, idrogeologica e sismica* del PGT comunale, è rappresentare l'andamento delle isofreatiche di settembre 2012 e di luglio 2018, da cui si evidenzia la variazione di direzione e di quota della falda freatica.

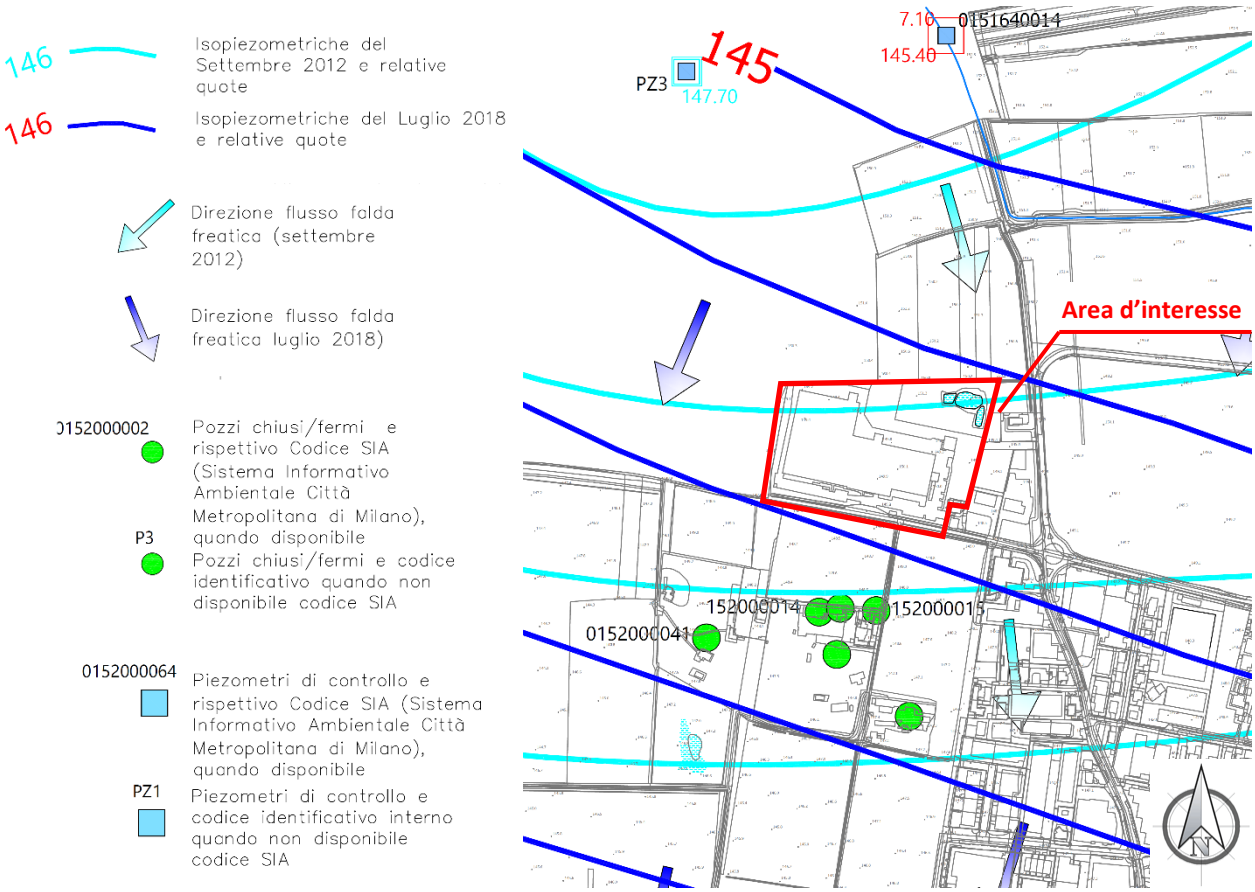


Figura 4 - Inquadramento idrogeologico
(stralcio della tavola GEO-02 allegata alla Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale)

L'alimentazione della falda superiore è localmente legata, oltre che all'afflusso da monte ed al regime meteorico, anche alla presenza di estese aree agricole, le cui pratiche irrigue condizionano in modo diretto e pressoché immediato il regime oscillatorio della falda.

A scala annuale si registrano cicliche oscillazioni stagionali legate ai periodi irrigui, che determinano massimi piezometrici tardo estivi o autunnali (agosto/settembre) e minimi primaverili (marzo/maggio), con escursioni variabili in funzione dell'andamento climatico della stagione irrigua.

4.4 *Pozzi e piezometri esistenti all'interno del sito*

All'interno dell'area di proprietà sono stati perforati, negli anni, un totale di n. 5 pozzi e n. 4 piezometri di monitoraggio, a cui si aggiunge un sistema di abbattimento della falda tipo well point.

Nel dettaglio, i n.5 pozzi, di cui n.4 collocati all'interno del capannone principale (P1÷P4) ed uno nel piazzale prospicente lo stesso (P5), hanno le seguenti caratteristiche costruttive:

- Diametro perforazione: 450 mm;
- Diametro tubazione: 225 mm;
- Profondità: 15 m;
- Tratta fenestrata: da -3.0 a -13.5 m da b.p.;

Le camerette avampozzo hanno una profondità di circa 1.5m da p.c.

I n. 4 piezometri, invece, hanno un diametro di 120 mm e una profondità di 8.0 m. Il PzA ed il PzB sono ubicati a piano campagna, rispettivamente a monte ed a valle del sito, mentre il "Pz scantinato Sud" (d'ora in avanti denominato PzS) ed il "Pz scantinato Nord" (d'ora in avanti denominato PzN) sono collocati nel livello interrato.

L'ubicazione dei pozzi/piezometri è illustrata nella in Figura 5.

Figura 5 - Ubicazione pozzi (Px) e piezometri (PzX) all'interno del sito

I tecnici di *ambiente spa* hanno eseguito un rilievo GPS per la definizione delle quote delle bocca pozzo dei pozzi/piezometri e dei rispettivi piani campagna. Nella seguente Tabella 1 si riportano le quote dei punti d'interesse.

Pozzo/Piezometro	Quota p.c. (m slm)	Quota b.p. (m slm)
P1	*149.54*	*148.06*
P2	*149.58*	*148.19*
P3	*149.58*	*148.14*
P4	*149.60*	*148.16*
P5	*149.34*	*148.15*
PzA	*149.30*	*149.26*
PzB	--	*148.77*
PzN	*145.51*	*146.02*
PzS	*145.48*	*146.19*

Tabella 1 - Quote piano campagna e bocca pozzo dei pozzi/piezometri esistenti

4.5 *Livelli della falda freatica all'interno dell'area di studio*

In data 21/10/2020 i tecnici di *ambiente spa* hanno proceduto al rilievo freatimetrico dei livelli statici della falda all'interno di tutti i pozzi/piezometri presenti all'interno dell'area.

In Tabella 2 si riportano le quote dei livelli statici misurati dopo lo spegnimento di tutte le pompe di emungimento.

Pozzo/ Piezometro	Data	Soggiacenza (L.S.)		Quota b.p. (m slm)	Quota p.c. (m slm)	Quota fratimetrica (m slm)
		(m da b.p.)	(m da p.c.)			
P1	*21/10/20*	*4.25*	*5.73*	*148.06*	*149.54*	*143.82*
P2	*21/10/20*	*4.36*	*5.75*	*148.19*	*149.58*	*143.84*
P3	*21/10/20*	*4.32*	*5.78*	*148.14*	*149.58*	*143.83*
P4	*21/10/20*	*4.30*	*5.74*	*148.16*	*149.60*	*143.87*
P5	*21/10/20*	*4.31*	*5.52*	*148.15*	*149.34*	*143.84*
PzA	*21/10/20*	*5.38*	*5.42*	*149.26*	*149.30*	*143.87*
PzB	*21/10/20*	*5.34*	*---*	*148.77*	*--*	*143.43*
PzN	*21/10/20*	*2.18*	*1.67*	*146.02*	*145.51*	*143.84*
PzS	*21/10/20*	*2.43*	*1.72*	*146.19*	*145.48*	*143.76*

Tabella 2 - Determinazione delle quote freatimetriche dei pozzi/piezometri esistenti

Successivamente, in data 08/01/2021 è stata effettuata un'ulteriore misura della soggiacenza in corrispondenza del PzB, che è risultata pari a 6.69m da b.p. e che ha evidenziato, quindi, un abbassamento di 1.35m rispetto al dato di ottobre 2020.

Si specifica che, negli anni, lo stabilimento ha dovuto affrontare problematiche legate all'innalzamento della falda freatica al di sopra della quota del piano calpestio dei livelli interrati, affrontati mediante la perforazione dei suddetti pozzi di emungimento e la realizzazione di un sistema di well point (vedi paragrafo 4.4). Per un maggior dettaglio si rimanda allo "*Studio delle oscillazioni del livello di falda*" redatto dallo Studio Fontana nel mese di aprile del 2000.

In base a tale studio, il periodo più critico, ovvero quello in cui la soggiacenza della falda è minima, risulta essere quello tardo-estivo (da metà luglio a metà ottobre). Nella pagina seguente sono graficati gli ultimi dati storici presi in considerazione, unitamente all'indicazione della quota del piano interrato e del numero di pompe di emungimento attive (si tratta dunque di livelli dinamici).

Secondo quanto riportato in tale studio, storicamente la falda ha raggiunto quote più elevate rispetto a quelle attuali, con un massimo di -2,70m da piano campagna il 10/9/1999.

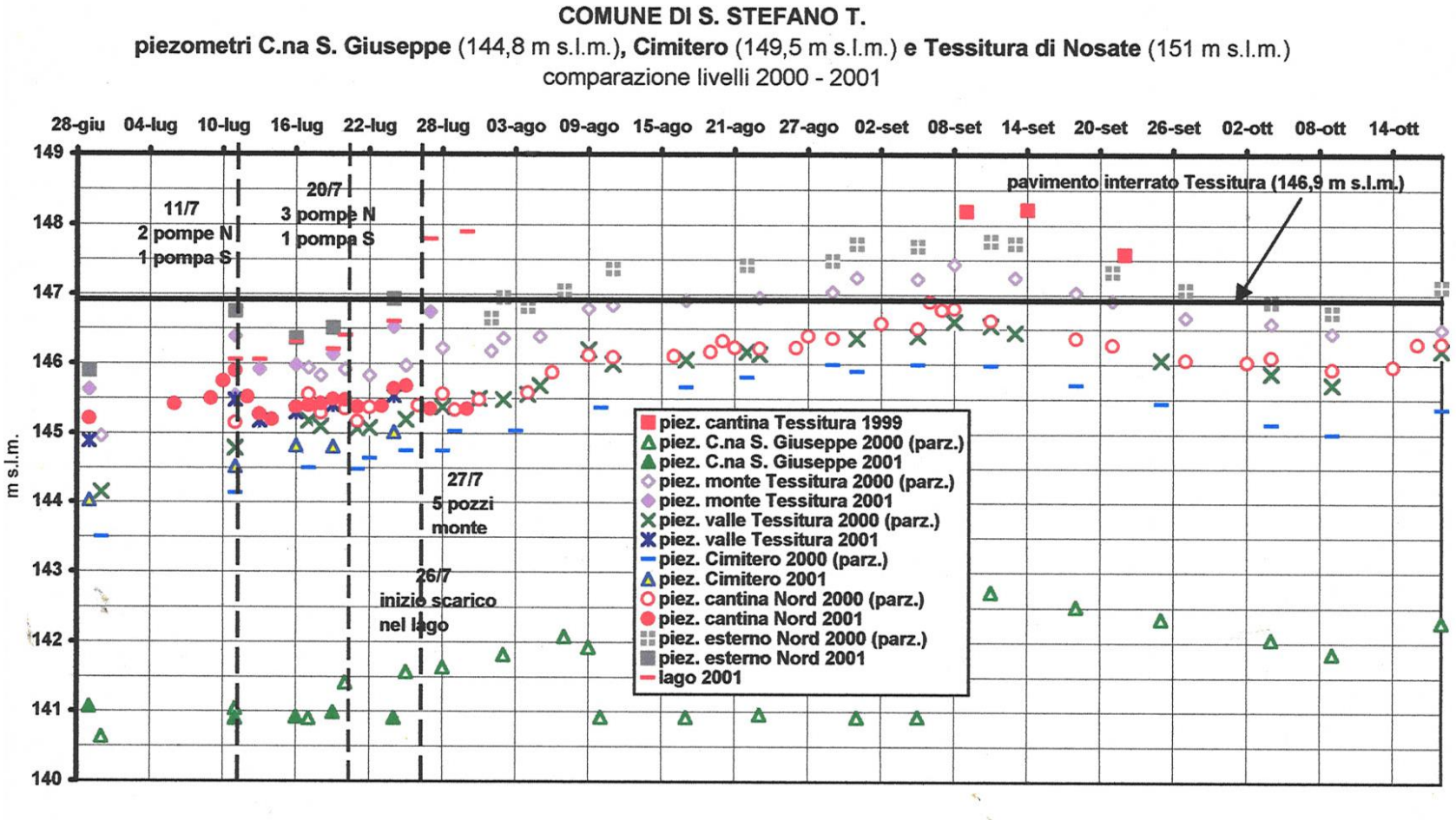


Figura 6 - Livelli dinamici misurati negli anni 1999, 2000 e 2001 (fonte: Studio Fontana)

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Secondo quanto riportato nella *Componente geologica, idrogeologica e sismica* della variante al PGT comunale, il primo sottosuolo dell'intero territorio è caratterizzato da depositi fluvioglaciali ghiaiosi-sabbiosi con intercalazioni di limi, caratterizzati da discrete/buone caratteristiche geotecniche. In generale, procedendo da nord verso sud, la frazione prevalentemente grossolana (ghiaie e sabbie) vede la sua matrice sabbioso-limosa aumentare più o meno progressivamente.

Nell'immediato intorno dell'area di interesse sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche (Figura 7), i cui diagrammi sono riportati in (Figura 8).

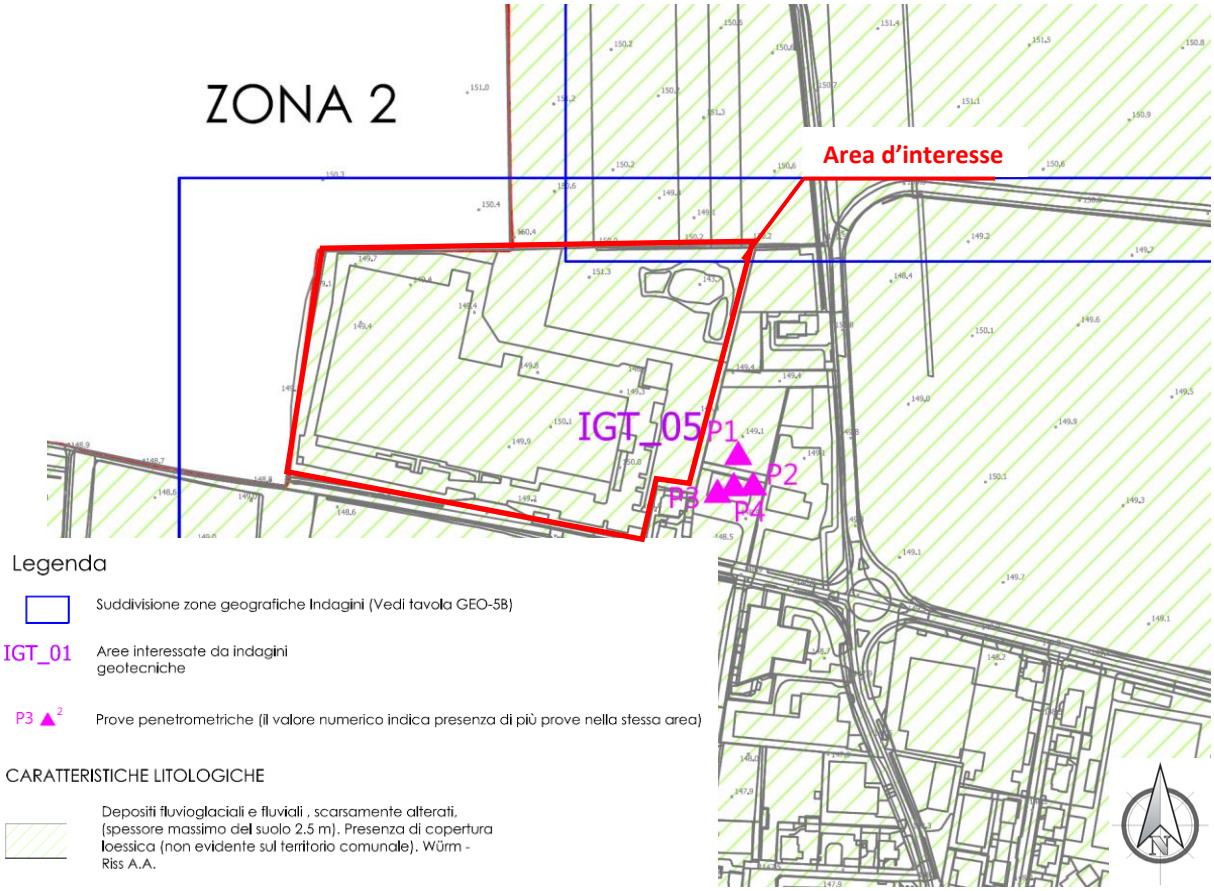

ZONA 2
Area d'interesse
IGT_05
P1
P2
P3
P4
Legenda
Suddivisione zone geografiche Indagini (Vedi tavola GEO-5B)
IGT_01
Aree interessate da indagini geotecniche
P3 2
Prove penetrometriche (il valore numerico indica presenza di più prove nella stessa area)
CARATTERISTICHE LITOLOGICHE
Depositi fluvioglaciali e fluviali , scarsamente alterati, (spessore massimo del suolo 2.5 m). Presenza di copertura loessica (non evidente sul territorio comunale). Würm - Riss A.A.
N

Figura 7 - Inquadramento geotecnico
(stralcio della tavola GEO-05A allegata alla Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale)

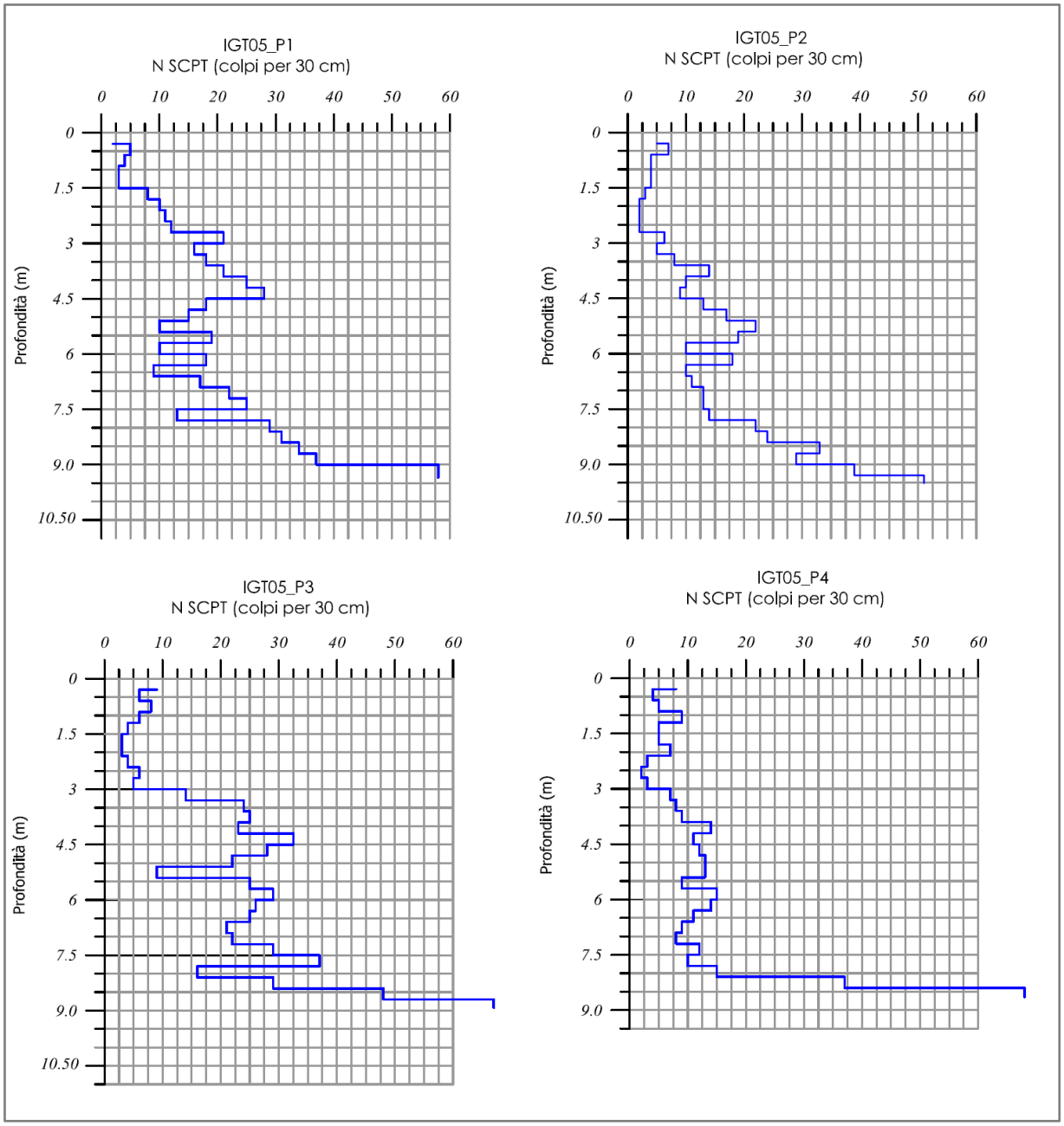

IGT05_P1
N SCPT (colpi per 30 cm)
IGT05_P2
N SCPT (colpi per 30 cm)
IGT05_P3
N SCPT (colpi per 30 cm)
IGT05_P4
N SCPT (colpi per 30 cm)
Profondità (m)
0 10 20 30 40 50 60
0 1.5 3 4.5 6 7.5 9.0 10.50

Figura 8 - Diagrammi penetrometrici indagini pregresse
(stralcio della tavola GEO-05B allegata alla Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale)

Sulla base di quanto sin qui esposto, in Figura 9 si riportano le indicazioni sul modello geotecnico formulate nella Relazione geologica allegata al PGT mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove penetrometriche dinamiche continue disponibili e dai risultati delle prove SPT in foro di sondaggio.

INDICAZIONI SUL MODELLO GEOTECNICO								
UNITA' geotecniche	Nspt colpi/30 cm	Yn kN/mc	Stato di addensamento	Dr	φ' °	c' kPa	E' MPa	Spessore (m)
UNITÀ A: sabbie fini, sabbie limose, localmente limi sabbiosi, con ghiaia medio fine	4÷10	18	da sciolto ad addensato	0.33÷0.59	30÷33	0	4,9÷ 11,3	3÷4
UNITÀ B: Sabbie da fini a grossolane debolmente limose con ghiaia da fine a grossolana e ciottoli	20÷48	19	da mediamente addensato ad addensato	0.55÷0.83	33÷36	0	24÷ 40	6÷7
UNITÀ C: Sabbie medie debolmente limose con rara ghiaia medio fine	14÷26	19	mediamente addensato ad addensato	0.40÷0.52	31÷32	0	25÷ 35	n.d.

Figura 9 - Indicazioni sul modello geotecnico
(stralcio della tavola GEO-05A allegata alla Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale)

6 INQUADRAMENTO SISMICO

In base alla classificazione attualmente vigente in Regione Lombardia (*D.g.r. 11 luglio 2014-n.X/2129*), il territorio comunale di Santo Stefano Ticino è inserito in **Zona Sismica 4**.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica locale (PSL), la *Componente geologica, idrogeologica e sismica* allegata alla variante del PGT ascrive l'intero territorio comunale allo **scenario Z4a** "*Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi*" e, quindi, soggetto ad amplificazioni litologiche e geometriche (Figura 10).

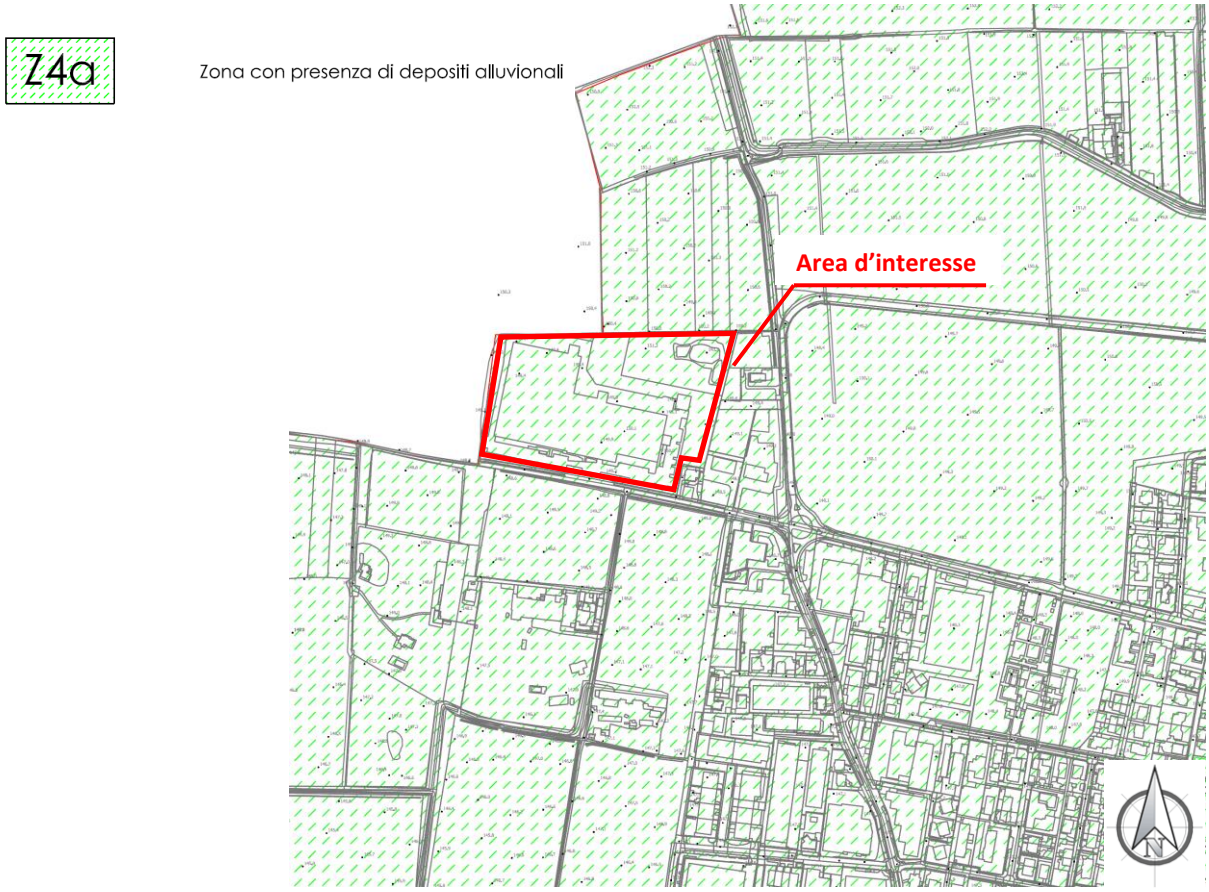


Figura 10 - Pericolosità Sismica Locale-PSL
(stralcio della tavola GEO-06 allegata alla Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale)

7 FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI

Secondo quanto contenuto nella *Componente geologica, idrogeologica e sismica* del PGT comunale, il sito oggetto della presente indagine risulta ascritto alla **classe 2a - fattibilità con modeste limitazioni** (Figura 11).

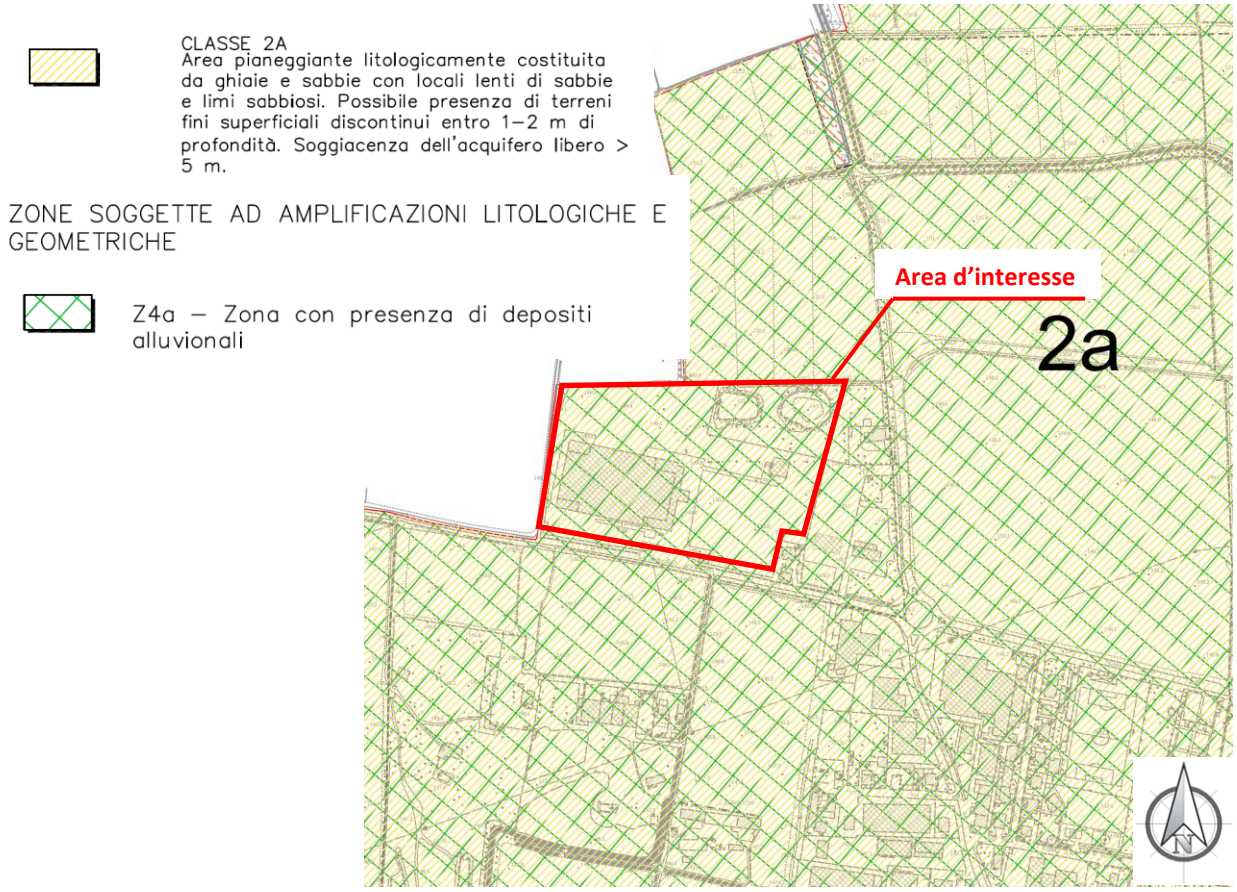

CLASSE 2A
Area pianeggiante litologicamente costituita da ghiaie e sabbie con locali lenti di sabbie e limi sabbiosi. Possibile presenza di terreni fini superficiali discontinui entro 1–2 m di profondità. Soggiacenza dell'acquifero libero > 5 m.
ZONE SOGGETTE AD AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE
Z4a – Zona con presenza di depositi alluvionali
Area d'interesse
2a
N

Figura 11 - Fattibilità geologica
(stralcio della tavola GEO-09 allegata alla Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale)

Per questa zona, nelle Norme geologiche di Piano viene prescritto quanto segue:

Parere geologico sulla edificabilità

Tale classificazione non risulta particolarmente restrittiva nei confronti della possibilità di espansione edilizia; non si evidenziano infatti particolari limitazioni all'edificabilità o alla modifica dell'uso del territorio. Si tratta, piuttosto, di una proposta cautelativa in considerazione della soggiacenza della falda, e della possibilità, localizzata, di riscontrare materiale fine con scarse caratteristiche geotecniche. Gli interventi sia pubblici che privati sono consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 17/01/2018. Nel caso l'edificazione prevedesse la realizzazione di fondazioni indirette (pali, micropali) nella relazione

geologica-geotecnica, ad accompagnamento del progetto, dovranno essere indicate le metodiche che si intendono adottare al fine di evitare l'interferenza fra le acque superficiali e la falda freatica.

Indagini preventive necessarie

Per superare tali problematiche si rendono opportune approfondimenti geologico-tecnici ed indagini idrogeologiche di dettaglio.

Si ritiene pertanto necessario per le aree di nuova edificazione effettuare indagini specifiche per la caratterizzazione dei terreni di fondazione. In ogni caso occorrerà attenersi a quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni" e prevedere, di volta in volta, la realizzazione di idonei approfondimenti di carattere idrogeologico e geologico-tecnico, finalizzati ad una puntuale valutazione delle caratteristiche litostratigrafiche dei terreni di fondazione, con specifico riferimento alle eventuali interferenze con la falda superficiale e svolgere una accurata analisi delle scelte progettuali in merito alla capacità portante dei terreni di fondazione, nonché alla valutazione dei cedimenti.

Interventi da prevedere in fase progettuale

In tutti i casi, e soprattutto in occasione di insediamenti di tipo produttivo, nel caso in cui questi non possano essere altrove ubicati, in considerazione del grado di permeabilità dei depositi alluvionali, al fine di evitare possibili inquinamenti, dovranno essere previste opere di salvaguardia della falda mediante la realizzazione di idonei interventi atti allo smaltimento delle acque superficiali e non.

Infine, si specifica che l'area boscata nel settore nord-orientale del comparto oggetto di odierno interesse risulta assoggettata al **vincolo ambientale** definito all'*art. 50 del PTCP della Città Metropolitana di Milano* cui si rimanda (Figura 12). Nell'ambito di tale documento vengono definiti gli obiettivi e gli indirizzi per i *Parchi Locali di Interesse Sovracomunale*, tra i quali si annovera la tutela e la salvaguardia degli elementi connotativi del rispettivo paesaggio, la riqualificazione ambientale delle aree degradate, il recupero delle infrastrutture e degli ambiti di fruizione esistenti e la formazione di ambiti e infrastrutture che garantiscano una fruizione pubblica ambientalmente sostenibile e compatibile con le attività agricole ivi insediate.

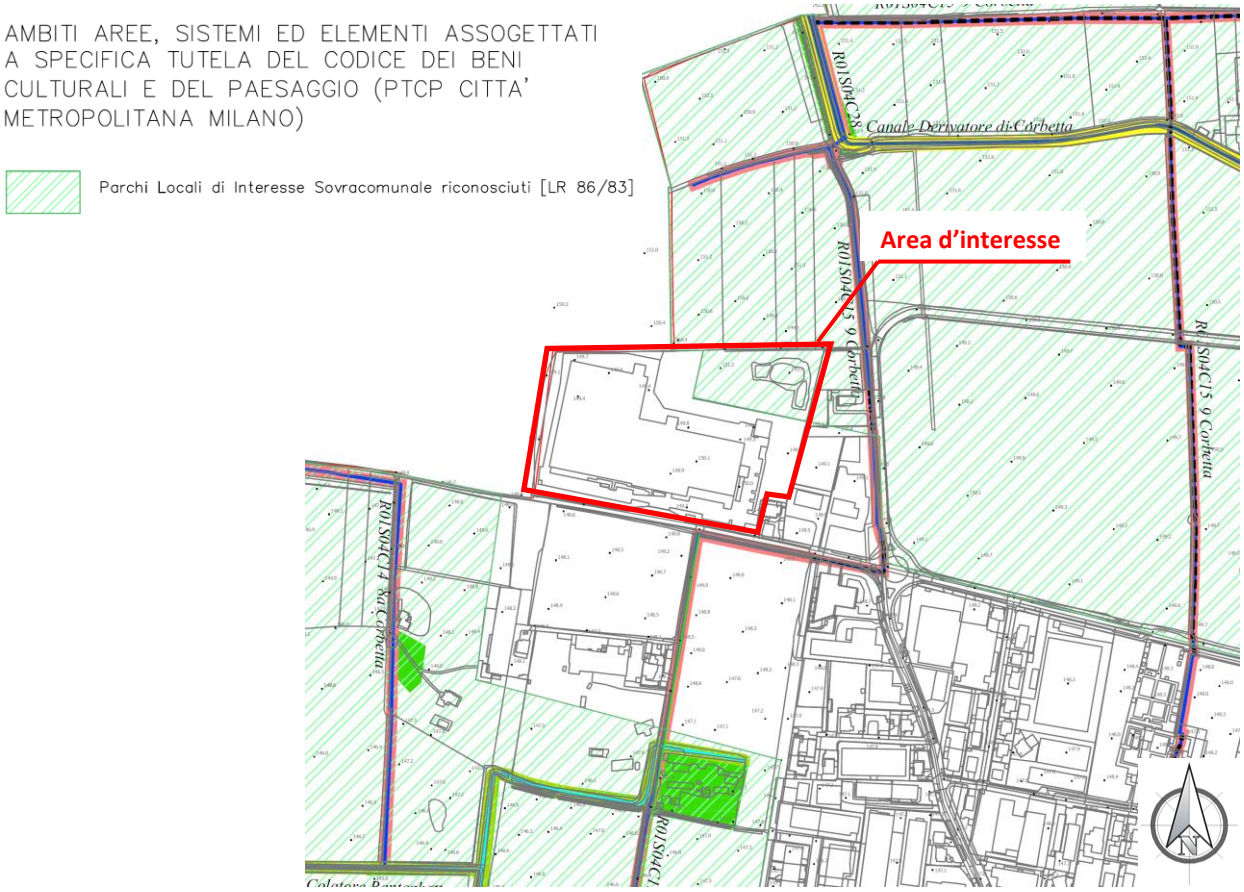

AMBITI AREE, SISTEMI ED ELEMENTI ASSOGETTATI A SPECIFICA TUTELA DEL CODICE DEI BENI CULTURALI E DEL PAESAGGIO (PTCP CITTA' METROPOLITANA MILANO)
Parchi Locali di Interesse Sovracomunale riconosciuti [LR 86/83]
Area d'interesse
Canale Derivatore di Corbetta
R01S04C15 9 Corbetta
R01S04C14 Naviglio

Figura 12 - Carta dei vincoli
(stralcio della tavola GEO-07 allegata alla Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale)

8 DETTAGLI DEL PROGETTO

Il progetto di trasformazione del sito produttivo ha lo scopo di intervenire sull'impianto esistente al fine di trasformare la precedente funzione di produzione tessile in Data Center. Gli interventi necessari riguardano sia le aree esterne al lotto, comprensive di tutte le dotazioni impiantistiche comprese nel sottosuolo, che il complesso costruito, costituito da 4 corpi di fabbrica con i rispettivi spazi di connessione e servizio annessi, e una palazzina ad uso uffici posta sul fronte sud.

Il processo di trasformazione sarà realizzato in due fasi; la prima fase, di cui il presente documento si pone a supporto, include:

- Sistemazione delle aree esterne al lotto secondo il nuovo layout, con realizzazione delle reti impiantistiche e annessi nel sottosuolo, e predisposizione delle future aree tecnologiche esterne;
- Interventi di riqualificazione strutturale, civile e impiantistica esclusivamente del corpo di fabbrica B e contigui, e della palazzina uffici esistente (esclusi capannoni A, C e C1);
- Restyling dell'intera facciata dell'edificato, includendo quindi tutti i corpi di fabbrica.

A questo scopo è prevista la totale sostituzione dei sistemi impiantistici esistenti e opere diffuse di riqualificazione dell'edificato incluso nella prima fase che sarà comunque conservato nella sua attuale conformazione.

9 CAMPAGNA D'INDAGINE GEOGNOSTICA

Nel mese di dicembre 2020 si è proceduto all'esecuzione di una campagna d'indagine volta alla caratterizzazione geologico-tecnica dei depositi presenti nel primo sottosuolo del sito d'interesse.

In particolare, su indicazione dei progettisti delle strutture, si è proceduto all'esecuzione di:

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue (*P1÷P4*), due delle quali nell'area esterna (*P1* e *P2*) e due all'interno del capannone "tessitura" (*P3* e *P4*);
- n. 7 sondaggi a carotaggio continuo, di cui:
  - sondaggio *S1*: spinto sino alla profondità di 45m da p.c. e attrezzato a piezometro (diam. 3'', fenestrato tra 36-45m). Esecuzione di SPT in foro ogni 1.5m di avanzamento da 0 a 15m da p.c. e ogni 3m da 15 a 30m da p.c.;
  - sondaggio *S2*: spinto sino alla profondità di 30m da p.c. con esecuzione di SPT in foro (ogni 1.5m di avanzamento da 0 a 15m da p.c. e ogni 3m da 15 a 30m da p.c.) e prelievo di un campione di terreno indisturbato in fustella per analisi geotecniche;
- n. 2 stendimenti sismici MASW.

Nell'ambito della campagna di indagine si è proceduto, inoltre, alla realizzazione di sondaggi ambientali finalizzati alla classificazione delle terre di scavo e di prove Lefranc per il dimensionamento delle opere di dispersione delle acque meteoriche e la caratterizzazione idrogeologica. In particolare:

- n. 5 sondaggi a carotaggio continuo (S-AMB-1 ÷ S-AMB-5) spinti sino alla profondità di 3m da p.c.;
- n. 7 prove Lefranc così suddivise:
  - S1: tra 38.5 e 39.0m da p.c., tra 41.5 e 42.0m da p.c. e tra 44.5 e 45.0m da p.c.;
  - S-AMB-1: tra 2.5 e 3.0m da p.c.;
  - S-AMB-3: tra 1.5 e 2.0m da p.c.;
  - S-AMB-4: tra 2.5 e 3.0m da p.c.;
  - S-AMB-5: tra 2.5 e 3.0m da p.c.

Nei seguenti paragrafi si dettagliano le suddette attività; nella figura seguente si riporta l'ubicazione dei punti d'indagine come da indicazione dei progettisti, mentre in Allegato 1 è consultabile l'elaborato fotografico relativo alla campagna d'indagine.

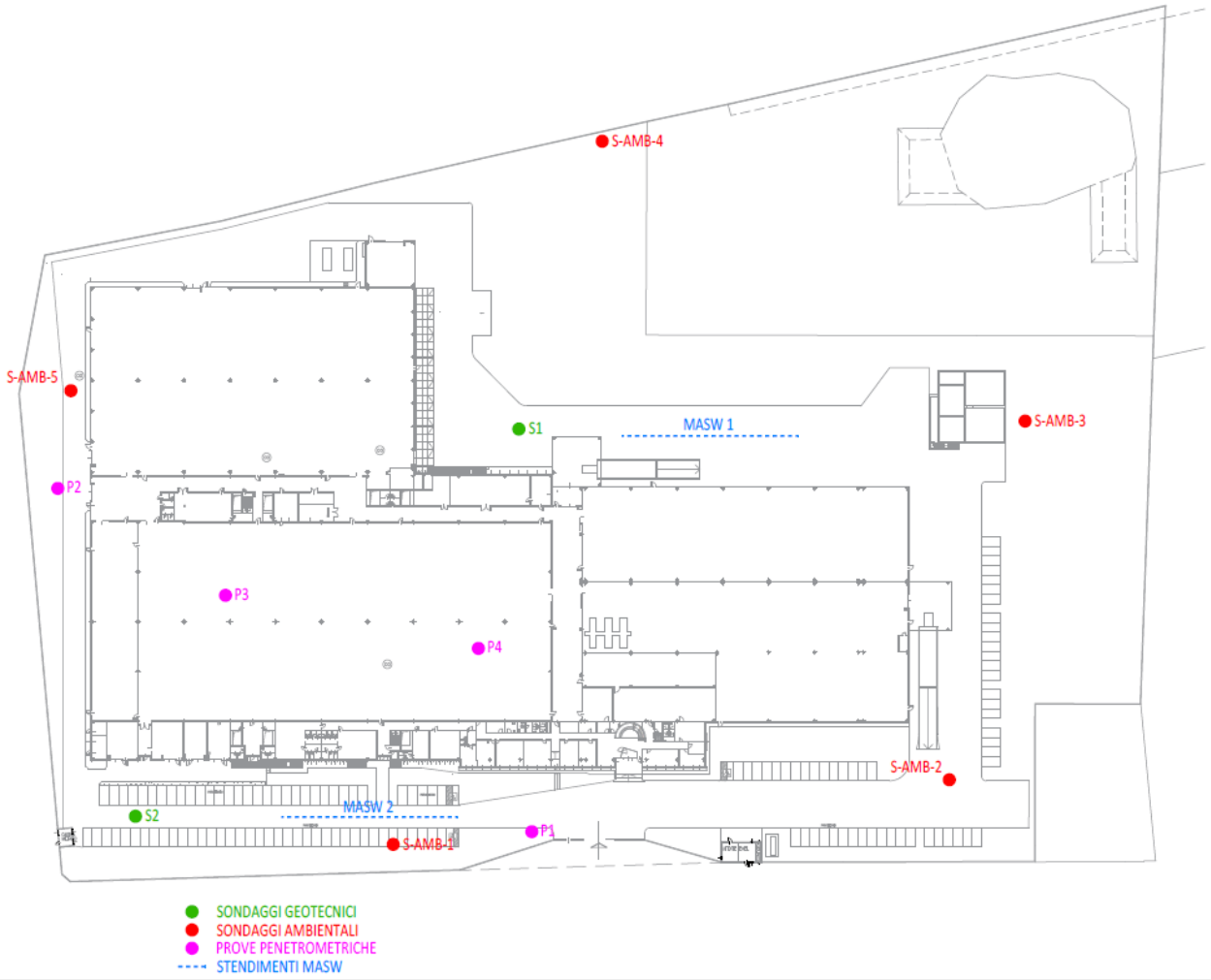


Figura 13 – Ubicazione punti di indagine

9.1 *Prove penetrometriche dinamiche continue*

Le prove penetrometriche dinamiche continue (P1÷P4) sono state eseguite tra il 18 e il 21 dicembre 2020 con attrezzatura "DPSH" (ISSMFE) e sono state condotte, ai sensi della normativa Con. Min. LL.PP. n°53363 del 06/05/05, con penetrometro avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- peso massa battente: 73.0 kg
- altezza caduta libera: 0.75 m
- peso sistema battuta: 30.00 kg
- diametro punta conica: 50.50 mm
- area base punta conica: 20 cm2
- angolo apertura punta: 60°

- lunghezza delle aste: 1.50 m
- peso aste per metro: 8.00 kg
- Avanzamento punta: 0.30 m
- Energia specifica per colpo: 11.91 kg/ cm2

Nel dettaglio, le prove penetrometriche dinamiche continue con punta conica SCPT (Standard Cone Penetration Test) forniscono una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

L'esecuzione prevede che all'estremità inferiore della batteria di aste sia collegata una punta conica con un diametro pari a 50.5 mm e angolo di apertura di 60°, perfettamente liscia. Il dispositivo d'infissione è costituito da un maglio del peso di 73 kg che cade liberamente da un'altezza di circa 0,75 (peso del maglio e altezza di caduta sono parametri standardizzati). La prova consiste nel conteggio del numero di colpi necessario per infiggere la punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 30 cm (NSCPT); dopo di che deve essere infisso il rivestimento, rilevando nuovamente il numero di colpi necessari (Nr).

Il numero di colpi è in stretta relazione con la resistenza all'avanzamento della punta e delle aste e, quindi, con lo stato di addensamento dei depositi attraversati. I dati di campagna vengono riportati su diagrammi penetrometrici (Allegato 2), la cui interpretazione permette di individuare orizzonti omogenei dal punto di vista geologico-tecnico.

Il numero di colpi NSCPT viene quindi moltiplicato per un fattore necessario per standardizzare i valori secondo la normativa NSPT (Standard Penetration Test) per poi ricavare, tramite correlazioni note in letteratura, i parametri geotecnici propri del materiale e del loro stato tensionale.

Le prove sono state ubicate sia all'esterno dei fabbricati (*P1* e *P2*) sia all'interno del capannone "tessitura" (*P3* e *P4)* e sono state spinte sino alla profondità di 15m da p.c., ritenuta rappresentativa del volume significativo interessato dalla tipologia di interventi previsti.

9.2 Sondaggi a carotaggio continuo

9.2.1 Sondaggi geotecnici con prove SPT

I **sondaggi S1** e **S2** sono stati eseguiti tra il 21/12/2020 e il 30/12/2020.

Le perforazioni sono state condotte con sonde idrauliche mediante un sistema a carotaggio continuo, seguendo le fasi di seguito descritte:

- definizione del punto di perforazione e installazione dell'attrezzatura;
- perforazione a carotaggio continuo, con l'utilizzo di carotieri del diametro di 131mm (S1) e 101mm (S2) e rivestimenti provvisori di 152mm (S1) e 127mm (S2);

- posizionamento del materiale estratto in cassette catalogatrici identificate con il nome del sito, la data di esecuzione dell'indagine, il nome del sondaggio e la relativa profondità di perforazione.

La macchina di perforazione è stata accuratamente ripulita sia prima dell'inizio di ciascuna delle perforazioni sia durante l'esecuzione dei lavori, con particolare attenzione alle componenti meccaniche ed idrauliche affinché queste non presentassero in corso d'opera perdite di olio e/o grassi.

A partire dalla profondità di 1.5m si è proceduto all'esecuzione di **prove SPT a fondo foro** ogni 1.5m di avanzamento sino al raggiungimento della profondità di 15m e, successivamente, ogni 3.0m sino alla quota di -30 m da p.c.

Dette prove consistono nell'infissione di una batteria di aste a seguito della caduta libera da un'altezza di 75cm di un maglio del peso di 63.5kg ad esse collegato e nella registrazione del numero di colpi necessario all'avanzamento di tre tratti di altezza pari a 15 cm (N_1-N_2-N_3). Il valore di NSPT, utilizzato per ricavare le correlazioni con i parametri geotecnici, è quindi calcolato come la somma N_2+N_3.

La prova viene sospesa quando il numero di colpi (N), per un tratto di 15cm, supera 50. In tal caso si annota la penetrazione (in cm) ottenuta con i 50 colpi.

Durante la perforazione dei sondaggi, il tecnico di *ambiente spa* ha proceduto alla compilazione della scheda stratigrafica (Allegato 3) nella quale, oltre alla descrizione delle litologie attraversate, sono stati annotati i valori delle prove SPT svolte e il valore della soggiacenza della falda.

Al fine di avere informazioni puntuali circa la soggiacenza dell'acquifero profondo all'interno del sito d'interesse, al termine della perforazione il **sondaggio S1 è stato attrezzato a piezometro** mediante immissione di tubazioni in PVC del diametro di 3" fenestrate tra 36 e 45 m da p.c. per la captazione della porzione inferiore dell'acquifero.

9.2.1.1 Prelievo campione per analisi geotecniche

Durante l'avanzamento della perforazione del sondaggio S2 si è proceduto al prelievo di n. 1 campione indisturbato in fustella nell'intervallo di profondità di 21.0-21.7m da p.c., corrispondente all'unico orizzonte significativo costituito da terreni fini riscontrato nel corso delle perforazioni. Il campione è stato sottoposto alle seguenti analisi geotecniche:

- prova di taglio per determinazione angolo d'attrito;
- determinazione del peso di volume naturale;
- determinazione del peso di volume dei grani.

9.2.2 Sondaggi ambientali

All'interno del comparto, in data 18/12/2020, sono stati eseguiti **n.5 sondaggi** (S-AMB-1 ÷ S-AMB-5) spinti sino alla profondità di 3.0m da p.c. e finalizzati alla verifica dello stato di qualità ambientale del primo

sottosuolo, mediante il prelievo di campioni di terreno da sottoporre ad analisi di laboratorio. Gli esiti stratigrafici hanno contribuito alla definizione del modello geologico-tecnico del sito dettagliato nel capitolo 11.

Gli stessi sono stati perforati con sonda idraulica mediante un sistema a carotaggio continuo, con l'utilizzo di un perforatore a secco del diametro di 101mm e con una serie di aste della lunghezza di 1.5 metri.

Le relative schede stratigrafiche sono riportate in Allegato 3.

9.3 Prove Lefranc

Al fine di determinare il coefficiente di permeabilità (K) dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area di interesse si è proceduto all'esecuzione di **n. 4 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile,** realizzate all'interno dei fori di sondaggio come dettagliato nella seguente tabella.

Sondaggio	***Intervallo investigato (m da p.c.)***	***Materiale***
S-AMB-1	*2.5-3.0*	*Insaturo*
S-AMB-3	*1.5-2.0*	*Insaturo*
S-AMB-4	*2.5-3.0*	*Insaturo*
S-AMB-5	*2.5-3.0*	*Insaturo*

Tabella 3 - Prove Lefranc: riassunto

Tale prova di permeabilità consiste nella misurazione della velocità di declino del livello d'acqua dopo aver indotto una variazione istantanea del livello iniziale.

Ciascuna prova è stata condotta secondo la seguente metodologia:

- perforazione fino alla quota scelta per la prova;
- sollevamento della tubazione di rivestimento fino al livello superiore dell'intervallo di prova, realizzando la sezione filtrante mediante l'immissione di materiale granulare;
- induzione di una variazione istantanea di livello, mediante l'immissione di acqua in foro fino ad un livello noto (testa pozzo);
- misura dell'abbassamento del livello dell'acqua in foro a diversi istanti (durata massima 30 minuti).

L'interpretazione delle prove ha permesso di stimare la permeabilità del tratto di terreno corrispondente all'intervallo di prova, mediante correlazioni tra la conducibilità idraulica e la velocità di recupero del dislivello.

La formula usata per il calcolo della permeabilità nelle prove a carico variabile tiene conto del coefficiente di forma della tasca filtrante, rapportando l'area filtrante al carico idraulico, secondo la seguente equazione:

$$k\ (m/sec) = A/Cl(t2-t1) \times \ln (h1/h2)$$

dove:

A (mq) = area di base del foro di sondaggio

h1 e h2 (m) = altezza dei livelli dell'acqua nel foro rispetto al fondo foro nei tempi t1 e t2

Cl (m) = coefficiente di forma con valore di C = l per l > 2r (con r pari al raggio del foro e l corrispondente alla lunghezza del tratto investigato)

9.4 *Indagine sismica MASW*

L'indagine sismica MASW si basa sull'analisi delle proprietà dispersive delle onde superficiali (variazione di velocità a diverse frequenze) finalizzata alla determinazione delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità e della rigidezza superficiale (proprietà critica per molti studi geotecnici), mediante la costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs).

Le onde di superficie sono facilmente generabili da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente, e sono costituite da componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, e da componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda ridotte) con minore energia e capacità di penetrazione solo superficiale.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

- acquisizione delle onde superficiali (ground roll) tramite stesa geofonica;
- costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (ottenuto producendo un treno d'onde superficiali a banda larga registrato minimizzandone il rumore).

Detta indagine sismica, effettuata in data 17/12/2020, è stata realizzata attraverso n.2 stendimenti di n.24 geofoni con passo 2 metri, disposti con orientazione E-O. In particolare, la MASW 1 è stata ubicata nel piazzale a Nord dei fabbricati esistenti, mentre la MASW 2 in quello a sud.

10 ESITI DELLE INDAGINI

10.1 Stratigrafia del sottosuolo

Dall'analisi delle stratigrafie (Allegato 3) dei n.7 sondaggi è possibile suddividere il sottosuolo dell'area oggetto d'indagine nei seguenti orizzonti:

- *Orizzonte superficiale*: costituito da sabbie fini limose rinvenute sino a profondità di 1.5m da piano campagna. Tale orizzonte non è stato riscontrato in corrispondenza del sondaggio S-AMB-4 per la presenza di materiale di riporto (laterizi in matrice sabbiosa);
- *Orizzonte intermedio*: rappresentato da una successione monotona di sabbie e ghiaie con ciottoli rinvenuta sino a 31m di profondità, con locali intercalazioni prevalentemente limose di modesto spessore, rinvenute tra 9.7 e 10.0m e tra 20.6 e 21.7m da p.c.;
- *Orizzonte profondo*: costituito da sabbie medie e fini, a tratti debolmente limose, con ghiaia e abbondanti ciottoli, intercettato sino alle massime profondità indagate (45m).

10.2 Definizione degli orizzonti geotecnici omogenei

L'analisi dei diagrammi penetrometrici riportati in Allegato 2 ha permesso di constatare una situazione di buona omogeneità dell'area dal punto di vista geologico-tecnico.

In particolare, è emersa la presenza di n.4 orizzonti, di seguito descritti dal più superficiale al più profondo:

- *Orizzonte A – 3<NSCPT<10*: individuato dal piano campagna sino a profondità prossime ai 4.0m da p.c.;
- *Orizzonte B – 13<NSCPT<25*: individuato sino a profondità comprese tra 4.0 e 6.5m da p.c.;
- *Orizzonte C – 8<NSCPT<13*: individuato sino a profondità comprese tra 6.5 e 15m da p.c.;
- *Orizzonte D – 10<NSCPT<15*: individuato sino alle massime profondità indagate.

Sulla base di quanto sin qui esposto, in Tabella 4 si determina, per ogni orizzonte individuato, il valore di NSCPT caratteristico ed il corrispettivo valore di NSPT, ottenuto utilizzando la seguente formula, scelta in considerazione della tipologia prevalente dei terreni investigati e della strumentazione utilizzata:

NSPT= 1.5 NSCPT

Orizzonte geotecnico	*Profondità (m da p.c.)*	*NSCPT caratteristico*	*NSPT Corretto*
Orizzonte A	*0.0 - 4.0*	*5*	*7.5*
Orizzonte B	*4.0 – 6.5*	*18*	*27*
Orizzonte C	*6.5 - 15*	*10*	*15*
Orizzonte D	*> 15.0*	*20*	*30*

Tabella 4 - Esiti delle prove DPSH: definizione orizzonti omogenei e valori di NSCPT caratteristico

Tali risultati appaiono del tutto correlabili a quanto descritto nel paragrafo 5, al netto dell'ulteriore suddivisione dell'Unità C di Figura 9, qui distinta in Orizzonte C ed Orizzonte D.

Nella tabella seguente si riportano, invece, i valori di NSPT ottenuti dalle prove realizzate nei fori di sondaggio. Si specifica che, per tenere conto della presenza di acqua libera livellata alla profondità di circa 6.5m da p.c., a partire dalle prove SPT eseguite a -7.5m da p.c. è stata apportata la correzione suggerita da *Terzaghi e Peck* (1948) e valida per terreni incoerenti sottofalda con Nspt>15:

N'= 15 + 0.5 x (NSPT-15)

Profondità	*S1*		*S2*		***Orizzonte***
(m da p.c.)	***NSPT***	***N'***	***NSPT***	***N'***	***geotecnico***
1.5	*18*	*18*	*12*	*12*	*Orizzonte A*
3.0	*24*	*24*	*20*	*20*	
4.5	*4*	*4*	*34*	*34*	*Orizzonte B*
6.0	*24*	*24*	*38*	*38*	
7.5	*32*	*23.5*	*44*	*29.5*	
9.0	*25*	*20*	*46*	*30.5*	
10.5	*40*	*27.5*	*14*	*14.5*	*Orizzonte C*
12.0	*20*	*17.5*	*22*	*18.5*	
13.5	*32*	*23.5*	*31*	*23*	
15.0	*38*	*26.5*	*39*	*27*	*Orizzonte D*
18.0	*25*	*20*	*65*	*40*	
21.0	*30*	*22.5*	*38*	*26.5*	
24.0	*40*	*27.5*	*66*	*40.5*	
27.0	*42*	*28.5*	*Rif.*	*Rif.*	
30.0	*61*	*38*	*69*	*42*	

Tabella 5 - Esiti delle prove SPT in foro: definizione orizzonti omogenei

Dalla suddivisione in orizzonti omogenei si può notare una buona corrispondenza con quanto desunto dalle prove penetrometriche.

Di seguito si riporta il grafico con l'andamento dei valori di Nspt corretto – N' in funzione della profondità.

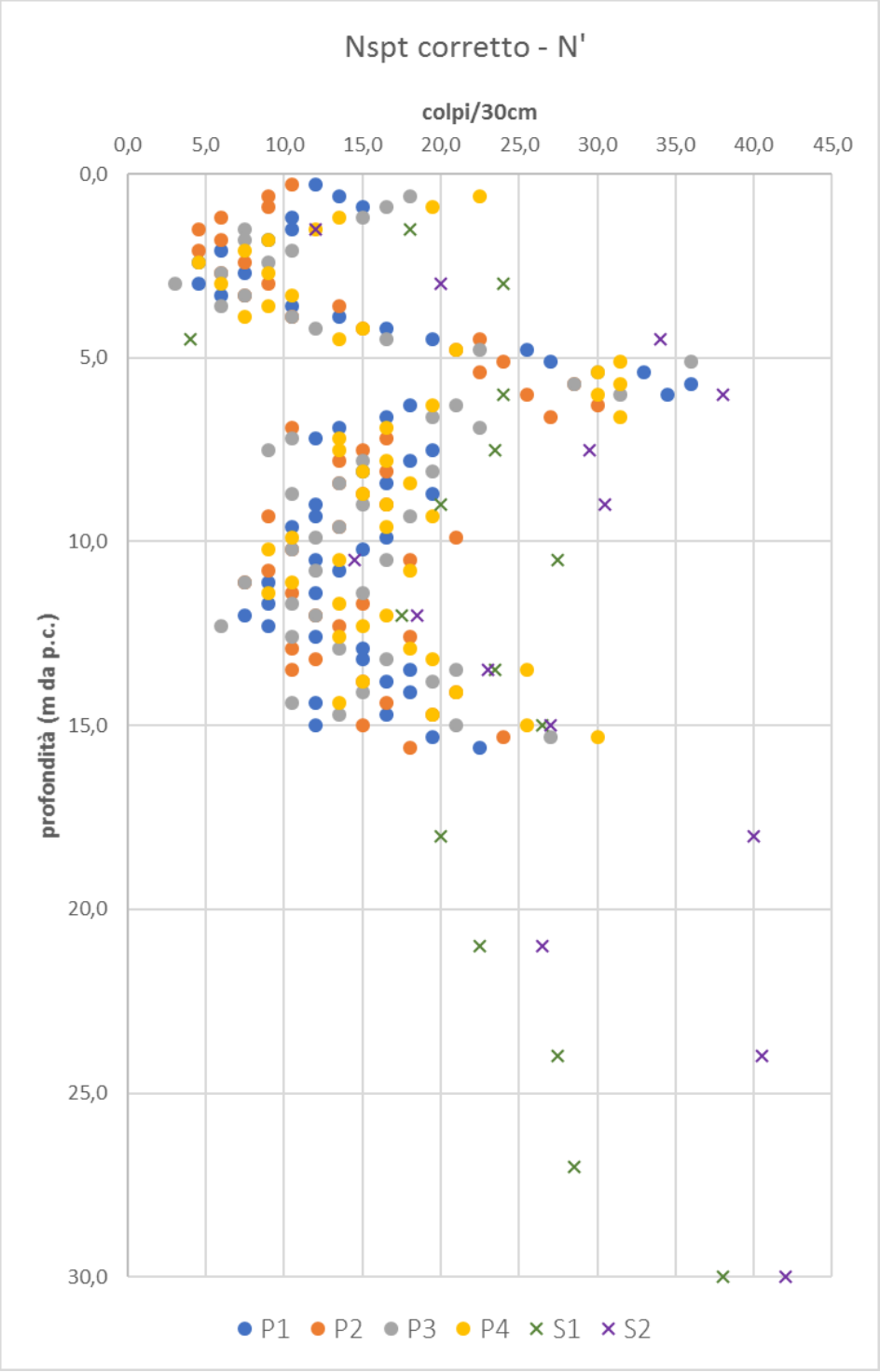


Figura 14 – Grafico NSPT corretto – N' / profondità

10.3 Esiti analitici: caratterizzazione geotecnica dell'orizzonte 21.0-21.7m

Come indicato nel capitolo precedente, in corrispondenza del sondaggio S2 è stato prelevato un campione indisturbato con fustella da sottoporre ad analisi geotecnica.

In Allegato 4 si riporta il rapporto di prova rilasciato dal laboratorio geotecnico, mentre nella seguente tabella si riassumono i risultati ottenuti.

Parametro	S2(21.0-21.7)
Angolo d'attrito	*29°*
Coesione	*17,4 kN/mq*
Peso di volume naturale	*2,043 g/cm3*
Peso specifico dei grani	*2,66 g/cm3*

Tabella 6 - Esiti analisi geotecniche

L'orizzonte campionato è relativo a una lente di materiale fine (limi/sabbiosi) di limitato spessore, che non è stato riscontrato nel sondaggio S1 e quindi verosimilmente di limitata estensione areale, da ritenersi poco significativo ai fini della definizione del modello geotecnico del sito.

10.4 Definizione dei parametri geotecnici

Nel presente paragrafo si dettagliano i parametri geotecnici assegnati ai n.4 orizzonti individuati a valle della campagna d'indagine geologico-tecnica esperita, definiti sulla base di correlazioni note in letteratura.

Si lascia al tecnico progettista strutturale la valutazione, anche sulla base di contenuti del presente elaborato, della decisione ultima in merito alla tipologia fondazionale più consona per i futuri fabbricati.

I parametri geotecnici determinati sono stati calcolati considerando i valori di NSPT caratteristici determinati in Tabella 4.

10.4.1 Peso volume del terreno (γ')

Il peso di volume del terreno è stato stimato in base alle evidenze litologiche ed al raffronto con dati analitici riferiti a condizioni analoghe a quelle riscontrate nell'area di indagine.

In particolare, è stato attribuito un valore di 18kN/m^3 all'orizzonte superficiale e di 19kN/m^3 agli orizzonti successivi. Si specifica che ai terreni sottofalda è stato sottratto il peso di volume dell'acqua (9,81 kN/m^3, arrotondato per eccesso a 10 kN/m^3).

Orizzonte geotecnico	**γ' (kN/m³)**
Orizzonte A	*18*
Orizzonte B	*19/9*
Orizzonte C	*9*
Orizzonte D	*9*

Tabella 7 - Determinazione del peso volume (γ')

10.4.2 Densità relativa (Dr)

In Figura 15 si illustrano le correlazioni proposte da *Terzaghi-Peck* (1948) e da *Gibb-Holtz* (1957) per la determinazione dell'addensamento a partire dal valore di NSPT.

N_{SPT}	DENSITÀ RELATIVA	
	Terzaghi-Peck (1948)	Gibb-Holtz (1957)
0-4	molto sciolta	0-15%
4-10	sciolta	15-35%
10-30	media	35-65%
30-50	densa	65-85%
> 50	molto densa	85-100%

Figura 15 - Correlazioni per la determinazione della Dr

Successivamente, a partire dai valori di NSPT calcolati, sono stati ricavati i valori di NSPT corretti in funzione del confinamento laterale (N1), i valori di densità relativa.

In particolare, i valori di N1 sono stati ottenuti a partire dai valori di NSPT sulla base della seguente equazione:

$$N1 = NSPT/ \sigma'vo^{0.56}$$ [Jamiolkowski et al., 1985]

Nei livelli granulari la densità relativa è stata calcolata a partire dai valori di N1 in accordo alle seguenti equazioni ricavate dall'analisi di numerose evidenze sperimentali [Skempton, 1986]:

$$Dr = [(N1)60 / (71.7 * (N1)60^{-0.056})]^{0.5} \quad \text{per } (N1)60 > 8$$

$$Dr = [(N1)60 / (296.6 * (N1)60^{-0.728})]^{0.5} \quad \text{per } (N1)60 \leq 8$$

dove (N1)60 = N1 in base a considerazioni relative al rendimento medio dell'attrezzatura impiegata per le prove SPT e pari a circa il 60%

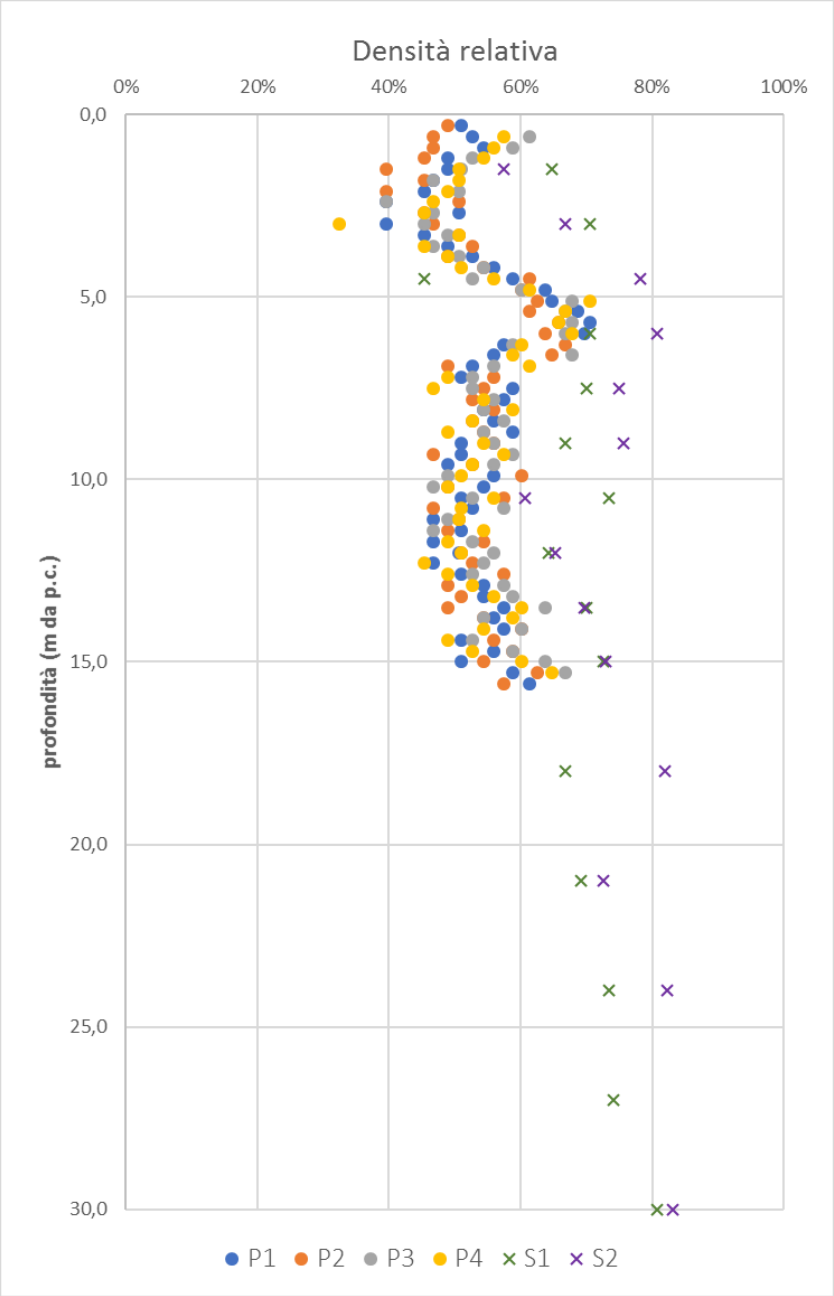


Figura 16 – Grafico Densità relativa / profondità

Orizzonte geotecnico	*NSPT Corretto*	*Terzaghi-Peck (1948)*	*Gibb-Holtz (1957)*
Orizzonte A	*7.5*	*sciolta*	*40 %*
Orizzonte B	*27*	*media*	*65 %*
Orizzonte C	*15*	*media*	*50 %*
Orizzonte D	*30*	*media*	*60 %*

Tabella 8 - Determinazione delle densità relativa (Dr)

10.4.3 Coesione (C)

Essendo in presenza di terreni con una significativa componente sabbioso-ghiaiosa, la coesione è stata considerata nulla in tutti gli orizzonti individuati.

10.4.4 Angolo di attrito efficace (φ')

Per la definizione dell'angolo di attrito efficace (ϕ') è stato utilizzato l'approccio proposto da *Schmertmann* (1978), che si basa sul valore di densità relativa dell'orizzonte e della sua composizione granulometrica, secondo quanto riportato in Figura 17. Si specifica che, cautelativamente, nel caso in esame è stata considerata per tutti gli orizzonti l'equazione valida per sabbie fini.

$\varphi = 28 + 0{,}14Dr$	Sabbia fine
$\varphi = 31{,}5 + 0{,}115Dr$	Sabbia media
$\varphi = 34{,}5 + 0{,}10Dr$	Sabbia grossa
$\varphi = 38 + 0{,}08Dr$	Ghiaia

Figura 17 - Correlazioni per la determinazione di φ'

Di seguito si riportano i valori di angolo di attrito considerati.

Orizzonte geotecnico	***φ'***
Orizzonte A	*32°*
Orizzonte B	*35°*
Orizzonte C	*34°*
Orizzonte D	*35°*

Tabella 9 - Determinazione dell'angolo di attrito efficace (φ')

Di seguito si riporta il grafico con l'andamento del parametro in funzione della profondità.

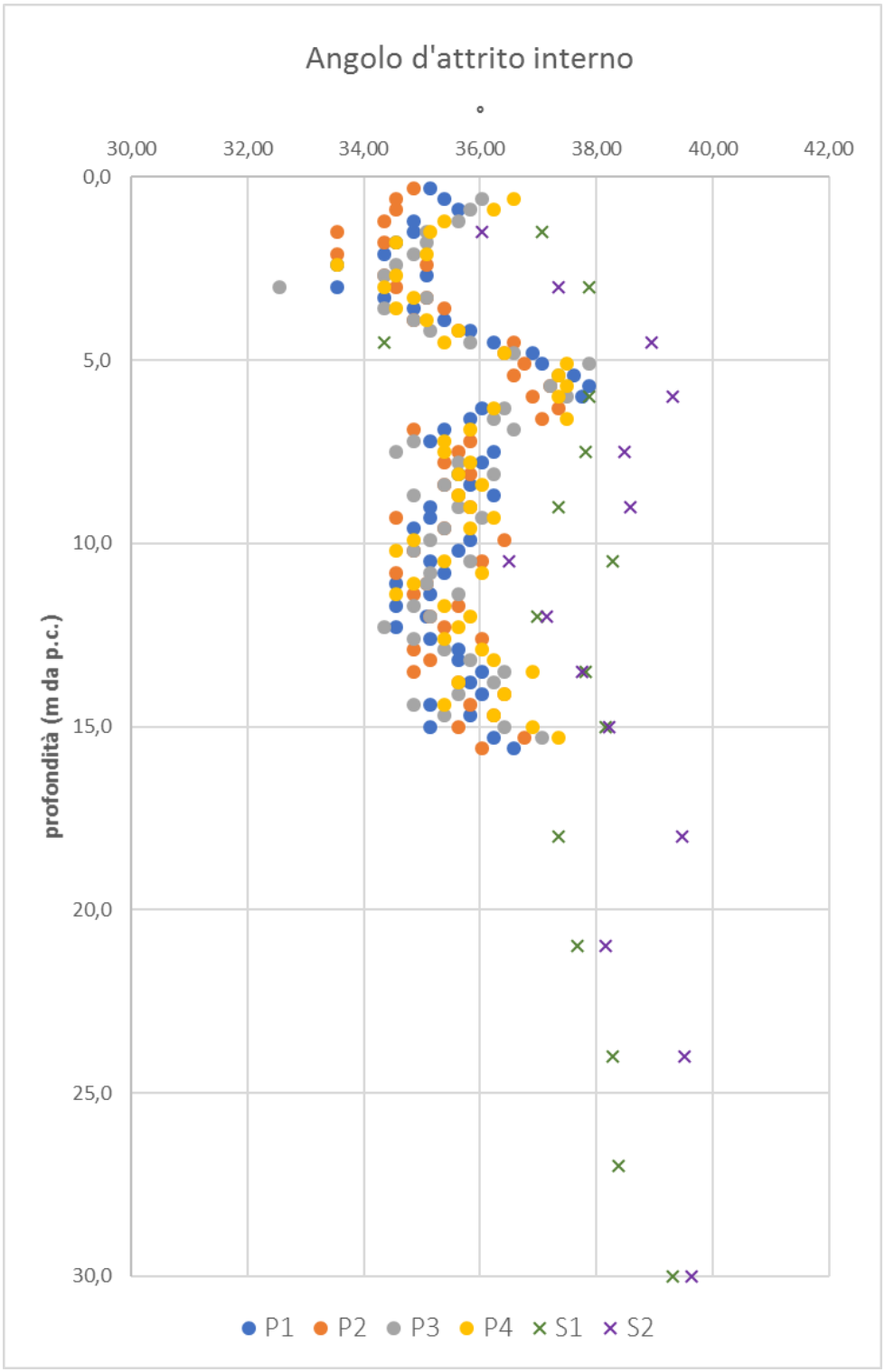


Figura 18 – Grafico angolo d'attrito / profondità

10.4.5 Modulo elastico (E)

Di seguito si riportano le equazioni proposte da D'Appollonia e da Denver utilizzate per la stima del modulo elastico e valide per orizzonti costituiti da sabbie normalconsolidate, compatibili con quanto riscontrato nel caso in esame:

$$E = 0.73 \cdot N + 16.2$$ (D'Appolonia)

$$E = 7 \cdot N^{0.5}$$ (Denver)

Di seguito si riportano i valori di modulo elastico considerati.

Orizzonte geotecnico	***E (MPa)***
Orizzonte A	*10*
Orizzonte B	*30*
Orizzonte C	*20*
Orizzonte D	*30*

Tabella 10 - Determinazione del modulo elastico (E)

Di seguito si riporta il grafico con l'andamento di tale parametro in funzione della profondità.

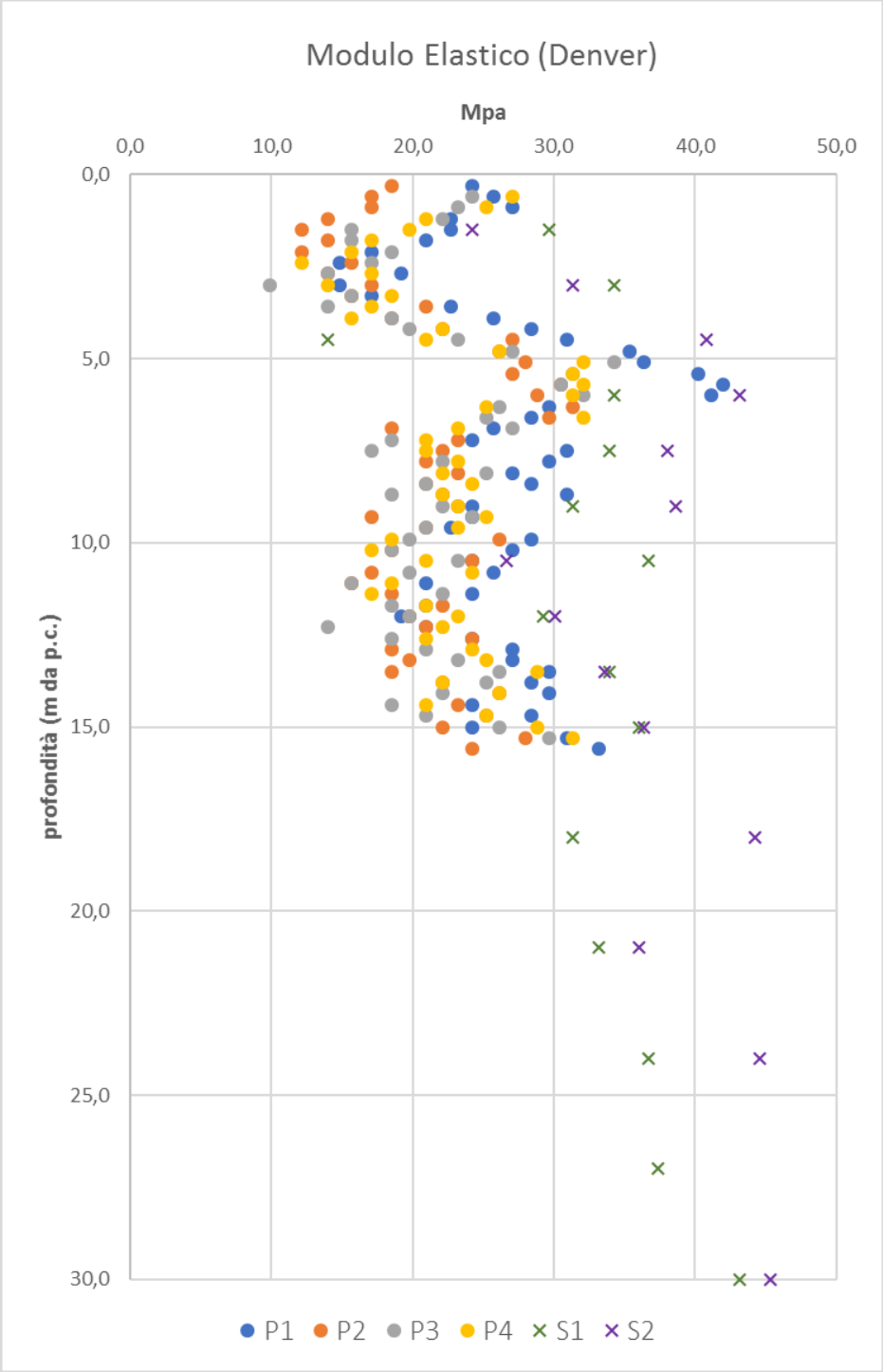


Figura 19 – Grafico modulo elastico / profondità

10.4.6 Coefficiente di sottofondo (K_{sv})

Il coefficiente di sottofondo (k_w) è definito dal rapporto tra la pressione applicata da una fondazione (q) ed il cedimento indotto (s).

$$k_w = \frac{q}{s}$$

Come noto, il coefficiente di sottofondo dipende dai terreni di fondazione e dalle caratteristiche delle fondazioni.

Secondo le informazioni recepite dai progettisti, di seguito si stima il coefficiente di sottofondo di una fondazione a platea di dimensioni 15x15m ed uno scarico tipico di 100-120 kPa.

Adottando la teoria di Boussinesque del semispazio elastico, con le caratteristiche suddette e considerando la stratigrafia di progetto, si stima un cedimento pari a circa 2cm. Pertanto, si stima con le condizioni sopra riportate un coefficiente di sottofondo pari a 6000-8000 kN/m^3.

Si lascia al tecnico progettista strutturale la valutazione della scelta del valore della costante di sottofondo da utilizzare nei calcoli strutturali e geotecnici in relazione alle effettive caratteristiche fondazionali (ingombro effettivo, profondità del piano di posa, scarichi massimi e minimi…).

10.5 Interpretazione prove Lefranc

In Allegato 5 si riportano le schede interpretative delle prove condotte, mentre nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti.

Si specifica che nella prova eseguita nel foro di sondaggio S-AMB-4 non è stato possibile monitorare gli abbassamenti in quanto, a causa dell'elevata permeabilità, si è verificata un'infiltrazione pressoché istantanea che ha reso impossibile il riempimento del foro.

Sondaggio	***Intervallo investigato (m da p.c.)***	***Materiale***	***Coefficiente di permeabilità (K) (m/s)***
S-AMB-1	*2.5-3.0*	*Insaturo*	*4.3×10^{-4}*
S-AMB-3	*1.5-2.0*	*Insaturo*	*4.7×10^{-3}*
S-AMB-5	*2.5-3.0*	*Insaturo*	*4.6×10^{-4}*

Tabella 11 - Prove Lefranc: risultati

10.6 Stratigrafia sismica del sottosuolo

I risultati delle indagini condotte sono illustrati in Allegato 6.

Nel dettaglio, nel riquadro in alto a sinistra è riportata l'immagine di dispersione dell'energia sismica e, sotto, è riportata l'estrazione della curva di dispersione. In basso a sinistra sono riportati i grafici relativi

al modello del terreno, sia sotto forma di stratificazione Vs (spezzata di colore blu) che di Modulo di Taglio (spezzata verde) che di valore di Vs progressiva (curva di colore rosso).

Per il calcolo del modulo di taglio (G) è stata usata una formula approssimata per la valutazione della densità (D), non nota.

La formula utilizzata è la seguente:

$$G = Vs^2 \times D/10^3$$

dove:

$$D = 1{,}5 + Vs/1000$$

A destra sono illustrati, invece, il sismogramma ed il valore del parametro Vs,eq calcolato utilizzando la formula:

$$Vs, eq = \frac{H}{\Sigma \frac{hi}{Vs, i}}$$

dove *hi* e *Vs,i* indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale e di N strati presenti nei 30 m superiori.

I risultati delle elaborazioni eseguite evidenziano valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità (Vs,eq) pari a **278m/s (MASW 1)** e **265m/s (MASW 2)**, a cui corrisponde, secondo il D.M. 17/01/2018 (N.T.C.), una **categoria di sottosuolo C**, coerente con quanto emerso dalle altre indagini esperite.

11 MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DEL SITO

Di seguito si riporta una descrizione qualitativa dei principali livelli geotecnici di riferimento che caratterizzano i depositi presenti nel sottosuolo dell'area di interesse.

Tali informazioni sono state desunte dalle indagini dirette esperite presso il sito e costituite da:

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue con attrezzatura DPSH;
- n. 7 sondaggi a carotaggio continuo di cui:
  - sondaggio *S1*: spinto sino alla profondità di 45m da p.c. e attrezzato a piezometro (diam. 3'', fenestrato tra 36-45m). Esecuzione di SPT in foro ogni 1.5m di avanzamento da 0-15m da p.c. e ogni 3m da 15-30m da p.c.;
  - sondaggio *S2*: spinto sino alla profondità di 30m da p.c. con esecuzione di SPT in foro (ogni 1.5m di avanzamento da 0-15m da p.c. e ogni 3m da 15-30m da p.c.) e prelievo di campioni per analisi geotecniche;
  - n. 5 sondaggi a carotaggio continuo (*S-AMB-1 ÷ S-AMB-5*) spinti sino alla profondità di 3m da p.c.;
- n. 2 indagini sismiche MASW per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs,eq.

In sintesi, il sito è caratterizzato dai seguenti n. 4 orizzonti geologico-tecnici:

Orizzonte A

Orizzonte di depositi granulari sciolti di spessore prossimo ai 4.0m, costituito da sabbie fini limose sino a profondità di 1.5m e, inferiormente, da sabbie e ghiaie con ciottoli.

Orizzonte B

Orizzonte di depositi granulari mediamente addensati intercettato sino a profondità massime di 6.5m da p.c., costituito prevalentemente da sabbie e ghiaie con ciottoli.

Orizzonte C

Orizzonte di depositi granulari mediamente addensati riscontrato sino a profondità massime di 15m da p.c., costituito prevalentemente da sabbie e ghiaie debolmente limose con ciottoli;

Orizzonte D

Orizzonte di depositi granulari mediamente addensati, costituito da sabbie e ghiaie con ciottoli e, oltre i 30m di profondità, da sabbie medie e fini debolmente limose, con ghiaia e abbondanti ciottoli.

L'acqua libera nel sottosuolo, nel periodo di ottobre 2020, è stata rilevata alla quota di circa -5.5m da piano campagna (Tabella 2) mentre, nel gennaio 2021, a circa -6.5m da p.c. Per quanto riguarda la porzione inferiore dell'acquifero, la misura effettuata in corrispondenza del piezometro S2 in data 08/01/2021 ha restituito un valore di -7.80m da p.c.

Secondo quanto riportato nella bibliografia a disposizione, storicamente la falda ha raggiunto quote più elevate rispetto a quelle attuali, con un massimo di -2,70m da piano campagna il 10/9/1999.

Le indagini sismiche condotte ai sensi del D.M. 17/01/2018 (N.T.C.) hanno permesso di attribuire all'area d'indagine una categoria di sottosuolo C.

Infine, in Tabella 12 si riassumono le informazioni ottenute a valle della presente campagna d'indagine ed i parametri geotecnici attribuiti ai suddetti quattro orizzonti sulla base di correlazioni note in letteratura.

	Profondità	N*spt*	Peso di volume-γ_n	Densità relativa-Dr	Coesione-C	Angolo di attrito-ϕ	Modulo elastico-E
	(m da p.c.)	(Colpi/30cm)	(kN/m^3)	(%)	(kPa)	(°)	(MPa)
Orizzonte A	*0.0-4.0*	*3 - 10*	*18.0*	*40*	*0*	*32*	*10*
Orizzonte B	*4.0-6.5*	*10 - 25*	*19.0/9.0*	*65*	*0*	*35*	*30*
Orizzonte C	*6.5-15*	*8 - 13*	*9.0*	*50*	*0*	*34*	*20*
Orizzonte D	*>15*	*10 - 15*	*9.0*	*60*	*0*	*35*	*30*

Tabella 12 - Modello concettuale geologico-tecnico

Prescrizioni operative

Prima di realizzare le fondazioni occorre verificare, in accordo con la D.L., che sotto il piano di fondazione non ci siano coltivo, materiale di riporto antropico, terreni rammolliti, materiale organico. Se si riscontrassero tali materiali, occorrerà procedere ad una bonifica dei terreni per una loro rimozione integrale in relazione al tipo di materiale riscontrato e al tipo di opera in esecuzione.

In tutti i casi, si consiglia di rimuovere i terreni di riporto che risultano molto scadenti, eterogenei e caratterizzati da riporto antropico molto sciolto.

AMBIENTE SPA

ALLEGATI

*ALLEGATO 1 – **ELABORATO FOTOGRAFICO***

COMMITTENTE:	PROGETTO:
L22 *Via Lombardini, 22* **20143 Milano (MI)**	***DATACENTER TIM*** Santo Stefano Ticino (MI)

Elaborato Fotografico

BON.2020.CLI.129	*gennaio 2021*	*Prima emissione*	*F. Lucini*	*L. Pessina*	*P. Mauri*
COMMESSA	*DATA*	*REV*	*REDATTO*	*VERIFICATO*	*APPROVATO*

Sede di Milano
via Paullo 11 – 20135 Milano
Tel. 0245473370
Fax. 0245473371

Web page: www.ambientesc.it

Altre sedi principali
Carrara (sede legale e operativa) Via Frassina, 21 - 54033 Carrara (MS) - Tel. 0585/855624 - Fax. 0585/855617
Firenze Via di Soffiano, 15 - 50143 Firenze (FI) - Tel. 055/7399056 - Fax 055/7134442
Roma Via L. Robecchi Brichetti, 6 - 00154 Roma (RM) - Tel. 06/45678571
Taranto Via Matera, km 598/I - 74014 Laterza (TA) - Mob. 347/1083531

Prova penetrometrica P1	
Figura 1 - Ubicazione prova penetrometrica P1	*Figura 2 - Ubicazione prova penetrometrica P1*

Prova penetrometrica P2	
Figura 3 - Ubicazione prova penetrometrica P2	*Figura 4 - Ubicazione prova penetrometrica P2*

Sondaggio S1

Figura 5 - Ubicazione sondaggio S1

Figura 6 - Sondaggio S1 (da 0.0 a 5.0 m)

Figura 7 - Ubicazione sondaggio S1 (da 5.0 a 10.0 m)

Figura 8 - Sondaggio S1 (da 10.0 a 15.0 m)

ondaggio S1	
Figura 9 - Sondaggio S1 (da 15.0 a 20.0 m)	*Figura 10 - Sondaggio S1 (da 20.0 a 25.0 m)*
Figura 11 - Ubicazione sondaggio S1 (da 25.0 a 30.0 m)	*Figura 12 - Sondaggio S1 (da 30.0 a 35.0 m)*

Sondaggio S1	
Figura 13 - Sondaggio S1 (da 35.0 a 40.0 m)	*Figura 14 - Sondaggio S1 (da 40.0 a 45.0 m)*

Sondaggio S2

Figura 15 - Ubicazione sondaggio S2

Figura 16 - Sondaggio S2 (da 0.0 a 5.0 m)

Figura 17 - Ubicazione sondaggio S2 (da 5.0 a 10.0 m)

Figura 18 - Sondaggio S2 (da 10.0 a 15.0 m)

Sondaggio S2	
Figura 19 - Sondaggio S2 (da 15.0 a20.0 m)	*Figura 20 - Sondaggio S2 (da 20.0 a25.0 m)*
Figura 21 - Ubicazione sondaggio S2 (da 25.0 a 30.0 m)	

Sondaggio S-AMB-1	
Figura 22 - Ubicazione sondaggio S-AMB-1	*Figura 23 - Sondaggio S-AMB-1 (da 0.0 a 3.0 m)*

Sondaggio S-AMB-2	
Figura 24 - Ubicazione sondaggio S-AMB-2	*Figura 25 - Sondaggio S-AMB-2 (da 0.0 a 3.0 m)*

Sondaggio S-AMB-3	
Figura 26 - Ubicazione sondaggio S-AMB-3	*Figura 27 - Sondaggio S-AMB-3 (da 0.0 a 3.0 m)*

Sondaggio S-AMB-4	
Figura 28 - Ubicazione sondaggio S-AMB-4	*Figura 29 - Sondaggio S-AMB-4 (da 0.0 a 3.0 m)*

Sondaggio S-AMB-5

Figura 30 - Ubicazione sondaggio S-AMB-5

Figura 31 - Sondaggio S-AMB-5 (da 0.0 a 3.0 m)

Indagine sismica

Figura 32 - Stendimento MASW 1

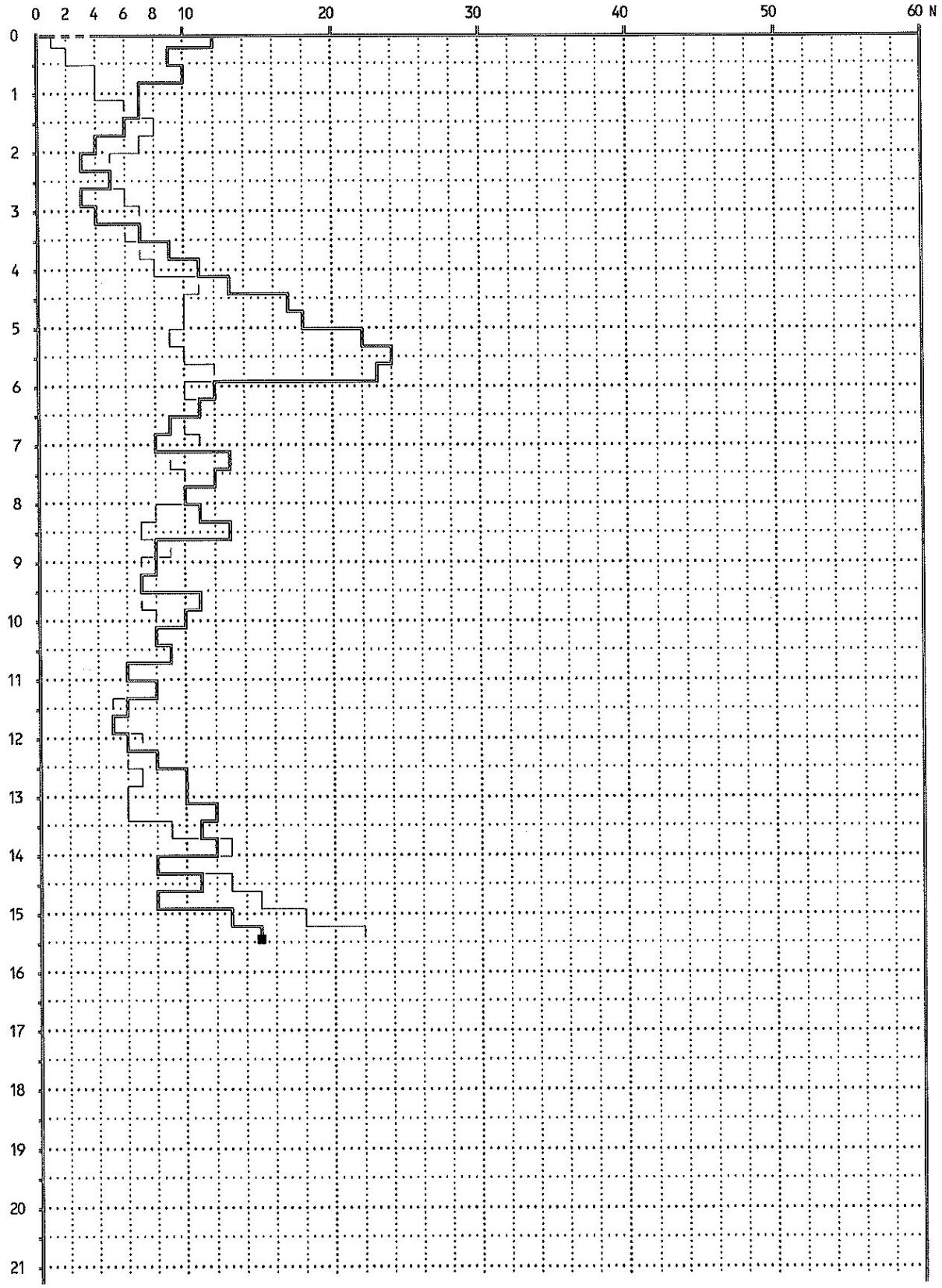
Figura 33 - Stendimento MASW 2

*ALLEGATO 2 – **DIAGRAMMI PENETROMETRICI***

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:P1 **DATA: 18-12-2020**

Disegno n°:7073P1H Località : SANTO STEFANO TICINO

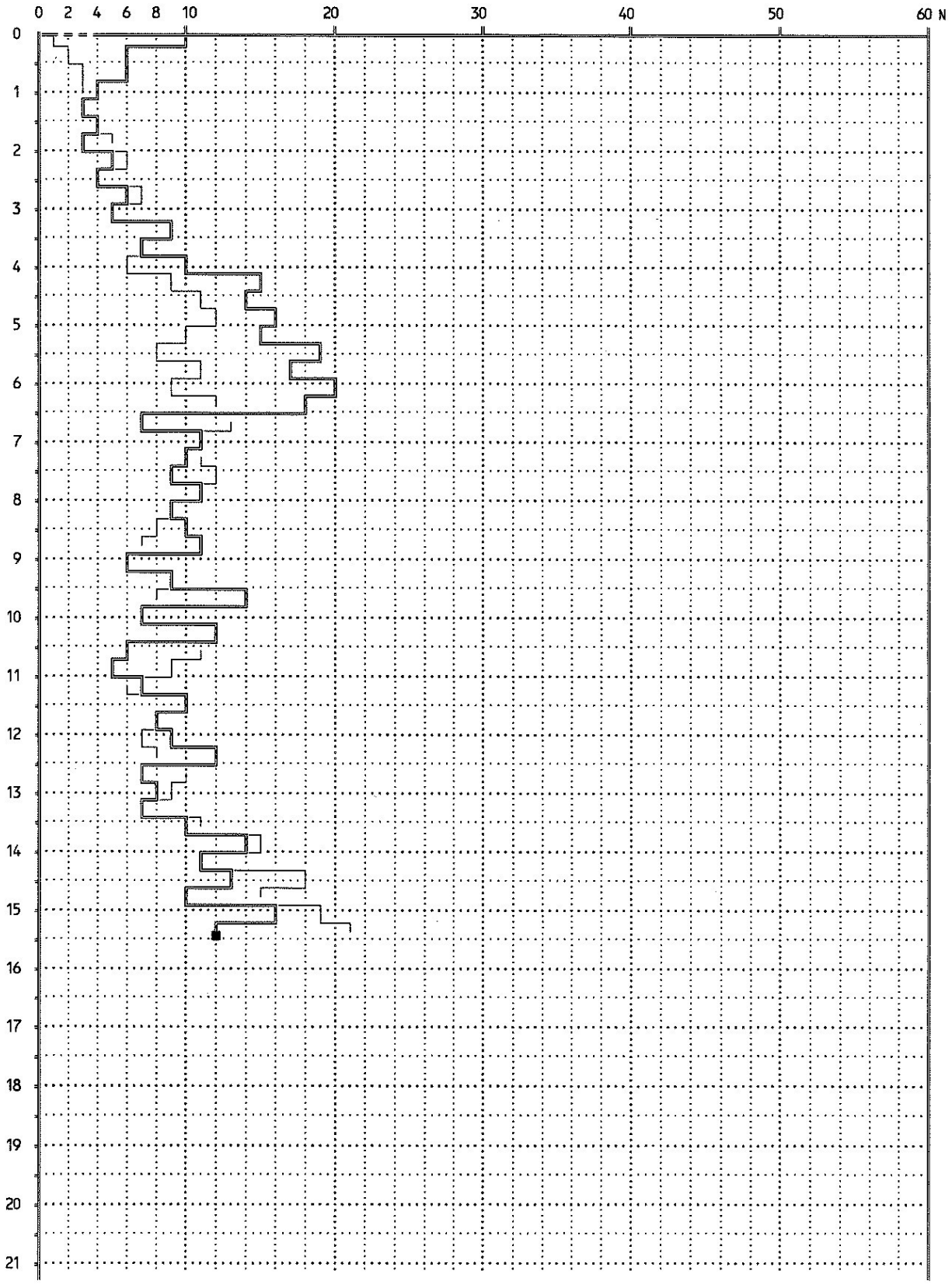
Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
═══ Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
= = = Inizio prova m. 0.00 Assenza acqua fino a m.1.50 poi foro ostruito ■ Fine prova m.15.50



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:P2 **DATA: 18-12-2020**

Disegno n°:7073P2H Località : SANTO STEFANO TICINO

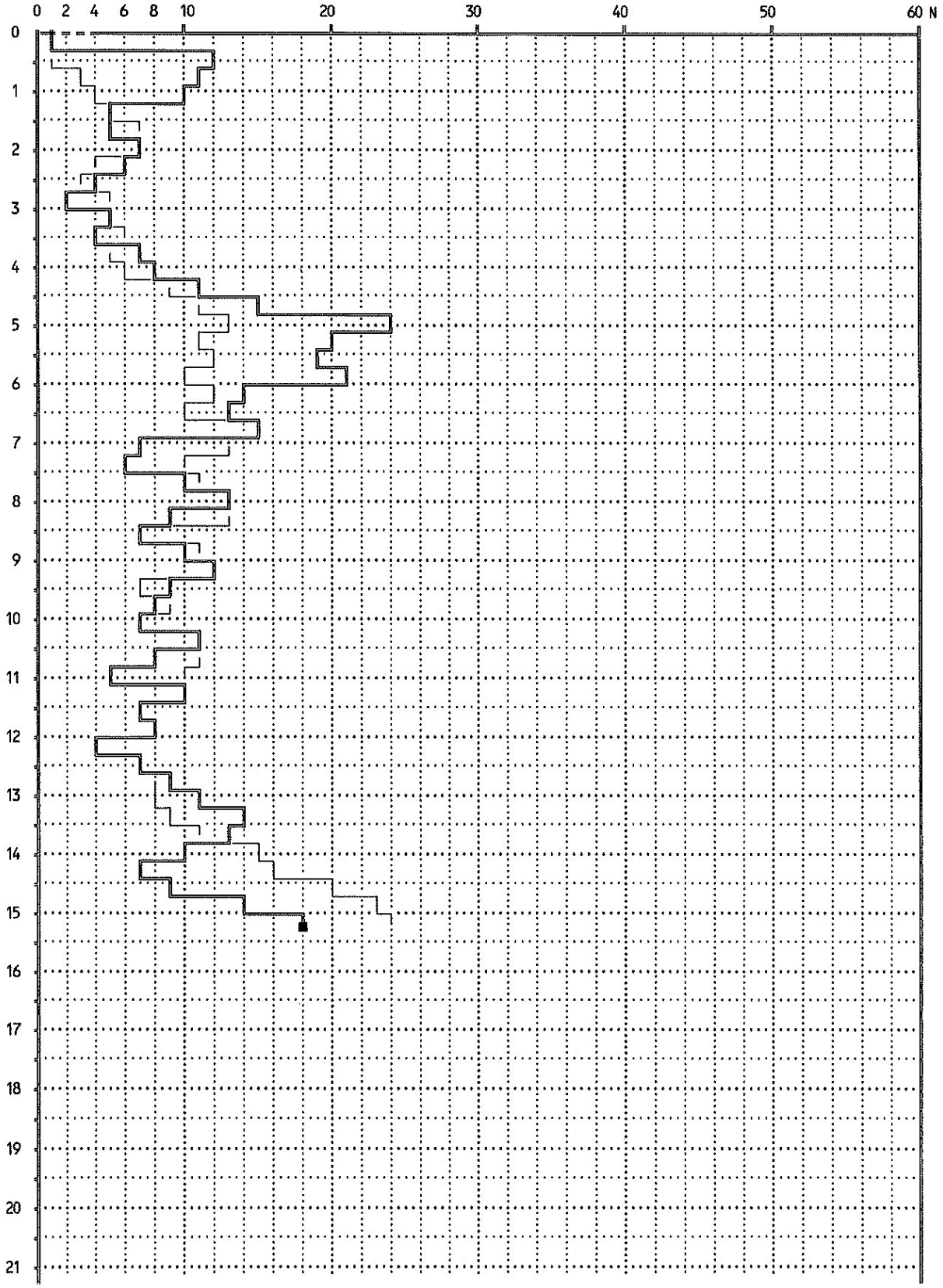
Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
= = = Inizio prova m. 0.00 Assenza acqua fino a m.1.20 poi foro ostruito ■ Fine prova m.15.50



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:P3 **DATA: 21-12-2020**

Disegno n°:7073P3H Località : SANTO STEFANO TICINO

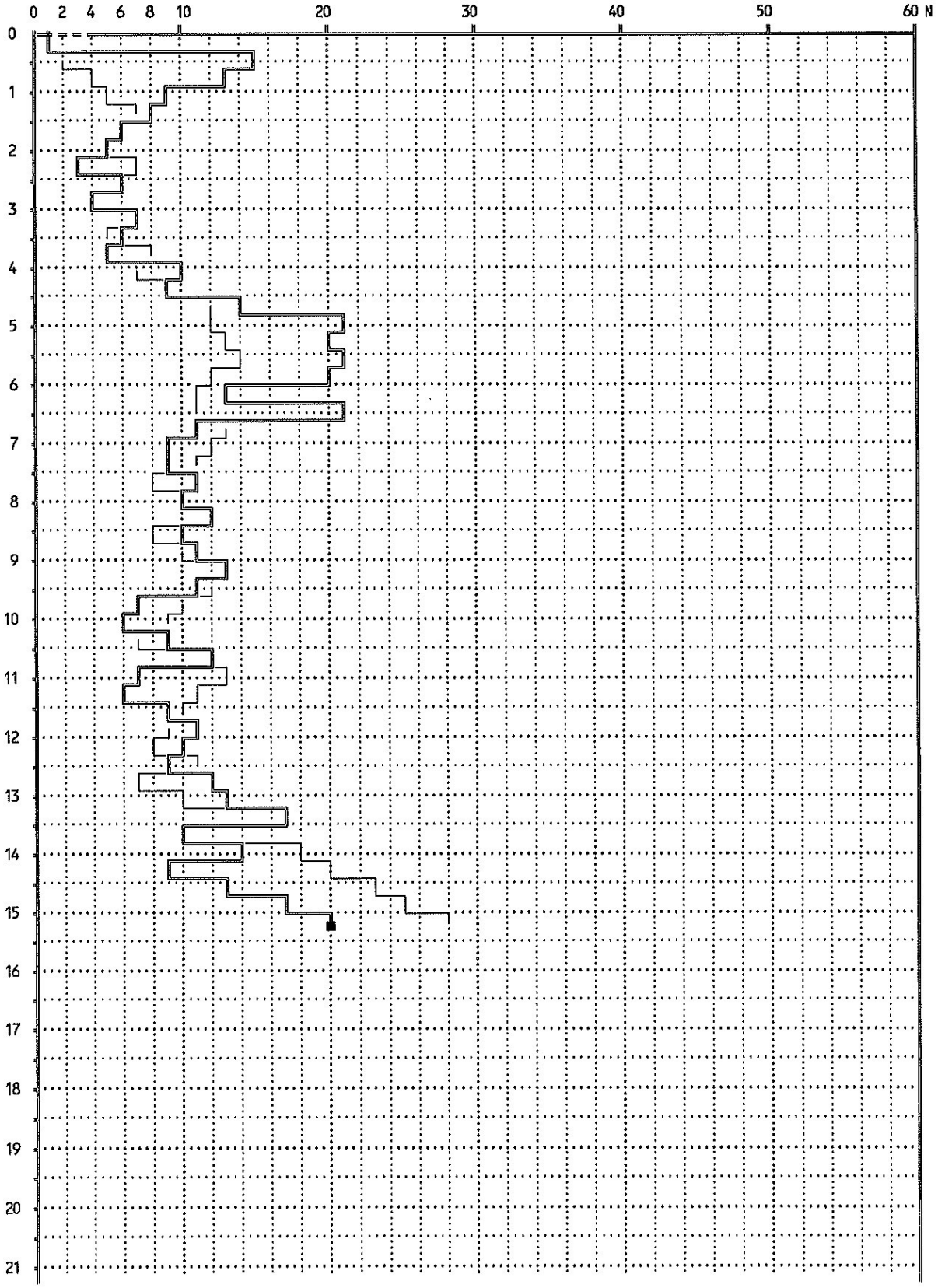
Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
═══ Punta 60° ϕ= 2'' ——— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
= = = Inizio prova m. 0.00 Assenza acqua fino a m.0.70 poi foro ostruito ■ Fine prova m.15.30



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:P4 **DATA: 21-12-2020**

Disegno n°:7073P4H Località : SANTO STEFANO TICINO

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
═══ Punta 60° ϕ= 2'' ——— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
= = = Inizio prova m. 0.00 Assenza acqua fino a m.0.90 poi foro ostruito ■ Fine prova m.15.30



*ALLEGATO 3 – **STRATIGRAFIE SONDAGGI E PIEZOMETRI***

ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente
Via Paullo, 11 - 20135 Milano

PIEZOMETRO: S1 — Foglio 1 di 2

Committente:	**L22**	**Rif. commessa:**	**Bon.2020.cli.129**
Indirizzo/sito:	**Santo Stefano Ticino (MI)**		
Luogo specifico:	**ex Tessiture di Nosate Spa**		
Descriz. Attività:	**Indagini geognostiche**	**Rilevatore:**	**Zaninetti**

Inizio lavori:	Data:	29/12/2020	Ora:	10:30	**Fine lavori:**	Data: 31/12/2020	Ora: 15:00

Ditta perforatrice:	**Eurogeo**			**Capo squadra:**	**Iannuzzi**		
Metodo di perforazione:	**c. continuo**			**Tipo sonda:**	**Comacchio MC12**		
Prof. perforazione:	**45 m**	**Diam. perforazione:**	**131 mm**	**Diam. rivestimento:**	**152 mm**		
Prof. tubazioni:	**45 m**	**Diam. e tipo tubazioni:**	**3" PVC**	**Tipo chiusino:**	**carrabile**		
Lucchetto:	SI / **NO**	**Soggiacenza:**		**Data:**			
SVILUPPO: Data:		**Metodo:**		**Durata:**		**Quantità acqua emunta:**	
Quota bp:		**Quota pc:**		**Quota chiusino:**		**P. di misura:**	
Coordinate punto di misura:		**X:**		**Y:**			

Intervallo campionato (m)	Umidità	Recupero (m e %)	Livelli acquifero (m)	Colore	Struttura pozzo / piezometro	Profondità (m)	Stratigrafia	DESCRIZIONE	Osservazioni organolettiche e rilevazioni strumentali
	+					0.6		Asfalto con sottofondo ghiaioso	
	+	90		7,5YR 5/2		1.5		Sabbie fini limose con poca ghiaia	SPT (1.5) 6-7-11
	-	90		7,5YR 4/3		3.0		Sabbie e ghiaie con ciottoli	SPT (3.0) 4-12-12
	- / +	90		7,5YR 5/6		6.0		Sabbie grossolane ghiaiose con abbondanti ciottoli	SPT (4,5) 3-2-2 SPT (6.0) 5-10-14
	+++	90		10YR 5/3		10.5		Ghiaie e ciottoli debolmente sabbiose	SPT (7,5) 8-15-17 SPT (9.0) 6-11-14 SPT (10.5) 5-8-6
	+++	90		10YR 5/3		11.2		Ghiaie fini sabbiose con ciottoli	SPT (12.0) 7-10-10
	+++	90		7,5YR 5/8		14.0		Sabbie con ghiaia e ciottoli	SPT (13.5) 12-15-11
	+++	90		7,5YR 4/4		16.0		Sabbie medie e grossolane con ghiaia	SPT (15.0) 6-17-21
	+++	90		7,5YR 5/4		18.0		Sabbie fini a tratti debolmente limose	SPT (18.0) 7-11-14
	+++	90		7,5YR 5/3		19.0		Sabbie da fini a medie con poca ghiaia	
	+++	90		7,5YR 5/3		20.0		Sabbie e ghiaie con ciottoli	
	+++	90		7,5YR 5/6		30.5		Sabbie da medie a fini ghiaiose debolmente limose con ciottoli	SPT (21.0) 12-14-16 SPT (24.0) 11-19-21 SPT (27.0) 13-18-24 SPT (30.0) 16-33-28
	+++	90		7,5YR 6/4		37.0		Sabbie da medie e fini a tratti debolmente limose con ghiaia e abbondanti ciottoli	

scala verticale di rappresentazione grafica: **100 cm** | 50 cm | 20 cm | 10 cm | 5 cm

Legenda struttura pozzo/piezometro:

Campioni di terreno

Modalità di campionamento:

Profondità	Nome campione

Monitoraggio dei gas interstiziali: SI / **NO** — per i risultati si rimanda al corrispondente mod. G1

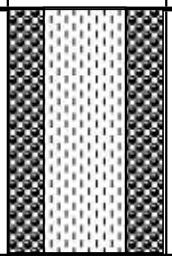
ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente
Via Paullo, 11 - 20135 Milano

PIEZOMETRO: S1 — Foglio 2 di 2

Committente:	**L22**	**Rif. commessa:**	**Bon.2020.cli.129**
Indirizzo/sito:	**Santo Stefano Ticino (MI)**		
Luogo specifico:	**ex Tessiture di Nosate Spa**		
Descriz. Attività:	**Indagini geognostiche**	**Rilevatore:**	**Zaninetti**

Inizio lavori:	Data:	29/12/2020	Ora:	10:30	**Fine lavori:**	Data: 31/12/2020	Ora: 15:00

Ditta perforatrice:	**Eurogeo**	**Capo squadra:**	**Iannuzzi**		
Metodo di perforazione:	**c. continuo**	**Tipo sonda:**	**Comacchio MC12**		
Prof. perforazione:	**45 m**	**Diam. perforazione:**	**131 mm**	**Diam. rivestimento:**	**152 mm**
Prof. tubazioni:	**45 m**	**Diam. e tipo tubazioni:**	**3" PVC**	**Tipo chiusino:**	**carrabile**
Lucchetto:	SI / **NO**	**Soggiacenza:**		**Data:**	
SVILUPPO: Data:		**Metodo:**	**Durata:**	**Quantità acqua emunta:**	
Quota bp:		**Quota pc:**	**Quota chiusino:**	**P. di misura:**	
Coordinate punto di misura:		**X:**	**Y:**		

Intervallo campionato (m)	Umidità	Recupero(m e %)	Livelli acquifero (m)	Colore	Struttura pozzo / piezometro	Profondità (m)	Stratigrafia	DESCRIZIONE	Osservazioni organolettiche e rilevazioni strumentali
	+++	90		7,5YR 5/4		45.0		Sabbie da medie e fini a tratti debolmente limose con ghiaia e abbondanti ciottoli	

scala verticale di rappresentazione grafica: **100 cm** | 50 cm | 20 cm | 10 cm | 5 cm

Legenda struttura pozzo/piezometro:

Tubazione cieca

Filtri

Dreno

Cemento

Bentonite

Campioni di terreno

Modalità di campionamento:

Profondità	Nome campione

Monitoraggio dei gas interstiziali: SI / **NO** — per i risultati si rimanda al corrispondente mod. G1

ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente
Via Paullo, 11 - 20135 Milano

SONDAGGIO: S2 — Foglio 1 di 1

Committente:	**L22**	**Rif. commessa:**	**Bon.2020.cli.129**
Indirizzo/sito:	**Santo Stefano Ticino (MI)**		
Luogo specifico:	**ex Tessiture di Nosate Spa**		
Descriz. Attività:	**Indagini geognostiche**	**Rilevatore:**	**Zaninetti**

Inizio lavori: Data: 21/12/2020 Ora: 14:30 — **Fine lavori:** Data: 23/12/2020 Ora: 14:30

Ditta perforatrice: Celotti — **Capo squadra:** Volpe

Metodo di perforazione: c.continuo — **Tipo sonda:** Nenzi Gelma 2

Prof. perforazione: 30 m — **Diam. perforazione:** 101 mm — **Diam. rivestimento:** 127 mm

Coordinate sondaggio: X: Y: Z:

Intervallo campionato (m)	Umidità	Recupero(m e %)	Livelli acquifero (m)	Colore	Profondità	Stratigrafia	descrizione	Osservazioni organolettiche e rilevazioni strumentali
	-	90		7.5YR 5-6	2.0		Asfalto (15cm) e sabbie e ghiaie con ciottoli con limo in tracce	SPT (1.5) 4-6-6
	-	90	7.6	7.5YR 6/2	9.7		Sabbie e ghiaie con ciottoli	SPT (3.0) 9-8-12 SPT (4.5) 12-19-15 SPT (6.0) 15-20-18 SPT (7.5) 23-24-20
	++	95		10YR6/4	10.0		Limo sabbioso con ciottoli	SPT (9.0) 18-21-25
	++	90		7.5YR 6/4	16.7		Ghiaie sabbioso-limose con abbondanti ciottoli	SPT (10.5) 5-8-6 SPT (12.0) 12-9-13 SPT (13.5) 14-13-18
	++			7.5YR6/4	17.2		Sabbie medio-fini con limo e ghiaia	SPT (15.0) 25-20-19
	+++	85		7.5YR 5/3	20.6		Ghiaie e sabbie con abbondanti ciottoli	SPT (18.0) 31-33-32
	++	55		7.5YR5/6			Limi sabbiosi	
		100			21.7		*Campionamento con fustella*	SPT (21.0) 14-17-21
	+++	85		7.5YR 5/4	23.5		Sabbie limose con ghiaia	SPT (24.0) 34-30-36
	+++	90		7.5YR 5/4	30.0		Sabbie ghiaioso-limose con ciottoli	SPT (27.0) 36-rif SPT (30.0) 37-35-34

scala verticale di rappresentazione grafica: **100 cm** | 50 cm | 20 cm | 10 cm | 5 cm

Note:

Campioni di terreno

Modalità di campionamento:

Profondità	Nome campione
21.0-21.7	S2 (21.0-21.7)

Monitoraggio dei gas interstiziali: SI **NO** — per i risultati si rimanda al corrispondente mod. G1

ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

Via Paullo, 11 - 20135 Milano

SONDAGGIO: S-AMB-1 | **Foglio** 1 **di** 1

Committente: L22 | **Rif. commessa:** Bon.2020.cli.129

Indirizzo/sito: Santo Stefano Ticino (MI)

Luogo specifico: ex Tessiture di Nosate Spa

Descriz. Attività: Indagini geognostiche | **Rilevatore:** Zaninetti

Inizio lavori: Data: 18/12/2020 Ora: 10:40 | **Fine lavori:** Data: 18/12/2020 Ora: 11:10

Ditta perforatrice: Celotti | **Capo squadra:** Volpe

Metodo di perforazione: c.continuo | **Tipo sonda:** Nenzi Gelma 2

Prof. perforazione: 3 m | **Diam. perforazione:** 101 mm | **Diam. rivestimento:**

Coordinate sondaggio: X: Y: Z:

Intervallo campionato (m)	Umidità	Recupero(m e %)	Livelli acquifero (m)	Colore	Profondità	Stratigrafia	descrizione	Osservazioni organolettiche e rilevazioni strumentali
					0.1		Asfalto	
	+			7.5YR 4/4	1.0 2.0 3.0		Sabbie e ghiaie con ciottoli	

scala verticale di rappresentazione grafica: 100 cm | 50 cm | 20 cm | **10 cm** | 5 cm

Note:

Campioni di terreno

Modalità di campionamento:

Profondità	Nome campione

Monitoraggio dei gas interstiziali: SI **NO** per i risultati si rimanda al corrispondente mod. G1

ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

Via Paullo, 11 - 20135 Milano

SONDAGGIO: S-AMB-2 | **Foglio** 1 **di** 1

Committente: L22 **Rif. commessa:** Bon.2020.cli.129

Indirizzo/sito: Santo Stefano Ticino (MI)

Luogo specifico: ex Tessiture di Nosate Spa

Descriz. Attività: Indagini geognostiche **Rilevatore:** Zaninetti

Inizio lavori: Data: 18/12/2020 Ora: 08:15 **Fine lavori:** Data: 18/12/2020 Ora: 08:25

Ditta perforatrice: Celotti **Capo squadra:** Volpe

Metodo di perforazione: c.continuo **Tipo sonda:** Nenzi Gelma 2

Prof. perforazione: 3 m **Diam. perforazione:** 101 mm **Diam. rivestimento:**

Coordinate sondaggio: **X:** **Y:** **Z:**

Intervallo campionato (m)	Umidità	Recupero(m e %)	Livelli acquifero (m)	Colore	Profondità	Stratigrafia	descrizione	Osservazioni organolettiche e rilevazioni strumentali
	+				0.1		Asfalto	
	+			10YR 5/1	0.7		Sabbie e ghiaie debolmente limose	
	+			7,5YR 4/2	1.30		Limi sabbiosi con rari ciottoli	
	+			10YR 4/4	1.65		Sabbie medie e fini limose con rari ciottoli	
	+			7,5YR 4/6	3.00		Sabbie e ghiaie con ciottoli	

scala verticale di rappresentazione grafica: 100 cm | 50 cm | 20 cm | **10 cm** | 5 cm

Note:

Campioni di terreno

Modalità di campionamento:

Profondità	Nome campione

Monitoraggio dei gas interstiziali: SI **NO** per i risultati si rimanda al corrispondente mod. G1

ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

Via Paullo, 11 - 20135 Milano

SONDAGGIO: S-AMB-2 | **Foglio** 1 **di** 1

Committente: L22 **Rif. commessa:** Bon.2020.cli.129

Indirizzo/sito: Santo Stefano Ticino (MI)

Luogo specifico: ex Tessiture di Nosate Spa

Descriz. Attività: Indagini geognostiche **Rilevatore:** Zaninetti

Inizio lavori: Data: 18/12/2020 Ora: 08:35 **Fine lavori:** Data: 18/12/2020 Ora: 09:05

Ditta perforatrice: Celotti **Capo squadra:** Volpe

Metodo di perforazione: c.continuo **Tipo sonda:** Nenzi Gelma 2

Prof. perforazione: 3 m **Diam. perforazione:** 101 mm **Diam. rivestimento:**

Coordinate sondaggio: **X:** **Y:** **Z:**

Intervallo campionato (m)	Umidità	Recupero(m e %)	Livelli acquifero (m)	Colore	Profondità	Stratigrafia	descrizione	Osservazioni organolettiche e rilevazioni strumentali
	+				0.10		Terreo di coltivo	
	+			10YR 3/3	1.50		Sabbie fini limose con rari ciottoli	
	+			10YR 3/6	2.10		Sabbia con ghiaia limosa e rari ciottoli	
	++			10YR 4/4	3.00		Sabbie e ghiaie con ciottoli	

scala verticale di rappresentazione grafica: 100 cm | 50 cm | 20 cm | **10 cm** | 5 cm

Note:

Campioni di terreno

Modalità di campionamento:

Profondità	Nome campione

Monitoraggio dei gas interstiziali: SI **NO** per i risultati si rimanda al corrispondente mod. G1

ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente
Via Paullo, 11 - 20135 Milano

SONDAGGIO: S-AMB-4 | **Foglio** 1 **di** 1

Committente: L22 **Rif. commessa:** Bon.2020.cli.129
Indirizzo/sito: Santo Stefano Ticino (MI)
Luogo specifico: ex Tessiture di Nosate Spa
Descriz. Attività: Indagini geognostiche **Rilevatore:** Zaninetti

Inizio lavori: Data: 18/12/2020 Ora: 09:15 **Fine lavori:** Data: 18/12/2020 Ora: 09:50

Ditta perforatrice: Celotti **Capo squadra:** Volpe
Metodo di perforazione: c.continuo **Tipo sonda:** Nenzi Gelma 2
Prof. perforazione: 3 m **Diam. perforazione:** 101 mm **Diam. rivestimento:**
Coordinate sondaggio: X: Y: Z:

Intervallo campionato (m)	Umidità	Recupero(m e %)	Livelli acquifero (m)	Colore	Profondità	Stratigrafia	descrizione	Osservazioni organolettiche e rilevazioni strumentali
	+				0.1		Terreno di coltivo	
	+			7.5YR 4/3	0.5		Sabbie limose con ghiaia e rari ciottoli	
	+			Grigio Marrone Rossiccio	1.5		Riporto: grossi ciottoli e laterizi in matrice sabbiosa	
	+			Marrone	2.5		Riporto: ciottoli e laterizi in matrice sabbiosa	
	+			7.5YR 4/2	3.0		Sabbie e ghiaie con ciottoli (diam. >10cm)	

scala verticale di rappresentazione grafica: 100 cm | 50 cm | 20 cm | **10 cm** | 5 cm

Note:

Campioni di terreno
Modalità di campionamento:

Profondità	Nome campione

Monitoraggio dei gas interstiziali: SI **NO** per i risultati si rimanda al corrispondente mod. G1

ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

Via Paullo, 11 - 20135 Milano

SONDAGGIO: S-AMB-1 | **Foglio** 1 **di** 1

Committente:	**L22**	**Rif. commessa:**	**Bon.2020.cli.129**
Indirizzo/sito:	**Santo Stefano Ticino (MI)**		
Luogo specifico:	**ex Tessiture di Nosate Spa**		
Descriz. Attività:	**Indagini geognostiche**	**Rilevatore:**	**Zaninetti**

Inizio lavori:	Data:	18/12/2020	Ora:	10:05	**Fine lavori:**	Data: 18/12/2020	Ora: 10:25

Ditta perforatrice: Celotti **Capo squadra:** Volpe

Metodo di perforazione: c.continuo **Tipo sonda:** Nenzi Gelma 2

Prof. perforazione: 3 m **Diam. perforazione:** 101 mm **Diam. rivestimento:**

Coordinate sondaggio: **X:** **Y:** **Z:**

Intervallo campionato (m)	Umidità	Recupero(m e %)	Livelli acquifero (m)	Colore	Profondità	Stratigrafia	descrizione	Osservazioni organolettiche e rilevazioni strumentali
					0.1		Asfalto	
	+			7.5YR 4/4	1.0 2.0 3.0		Sabbie e ghiaie limose con ciottoli (diametro max >10cm)	

scala verticale di rappresentazione grafica: 100 cm | 50 cm | 20 cm | **10 cm** | 5 cm

Note:

Campioni di terreno

Modalità di campionamento:

Profondità	Nome campione

Monitoraggio dei gas interstiziali: SI **NO** per i risultati si rimanda al corrispondente mod. G1

*ALLEGATO 4 – **RAPPORTO DI PROVA ANALISI GEOTECNICHE***

STUDIO
SPERIMENTALE
STRADALE s.r.l.
Via Boccaccio,2 - 20089 Rozzano (MI)
Partita IVA 01096160153 - Tel.02 90720887 - Fax.02 90781866
www.studiosperimentalestradale.it - info@studiosperimentalestradale.it

Rapporto di Prova
n. 23589

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale Certificato secondo la UNI EN ISO 9001 da CERSA
I dati di identificazione, contrassegno e posizione sono quelli dichiarati nella domanda di esecuzione e apposte sui campioni.

Rozzano 22/01/2021

Accettazione:	del 08/01/21
Richiedente:	AMBIENTE S.P.A. Via Frassina, 21 - 54033 CARRARA (MS)
Richiesta:	Ordine di acquisto n. 4500024312 del 07.01.2021 - Comm.: BON.2020.CLI.129
Descrizione:	S2 (21,00-21,70m) terreno indisturbato contenuto in fustella metallica ø 8,5 cm - lunghezza 60 cm circa
Cantiere/opera:	S. Stefano Ticino
Ubicazione:	Sondaggio 2 ad una profondità di circa 21,00 ÷ 21,70 m da p.c.
Data prelievo:	06/10/20
Prelievo effettuato:	Personale del Committente

IL PRESENTE DOCUMENTO E' COMPOSTO DAI SEGUENTI RISULTATI DI PROVA :

- 1	FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE	
- 2	APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE	ASTM D 2488/2000
- 3	DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA NATURALE	Racc. AGI/1994
- 4	DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI	ASTM D 854/2000
- 5	PROVA DI TAGLIO DIRETTO	ASTM D 3080/1990

STUDIO SPERIMENTALE STRADALE

il timbro rosso autentica il documento originale

Lo Sperimentatore
Geol. Lorenzo Barrabino

Il Responsabile Tecnico
Dott. Ing. Silvia Zeni

I risultati sperimentali espressi si riferiscono solo ed esclusivamente ai campioni esaminati e descritti nel presente documento
E' vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di Studio Sperimentale Stradale srl

STUDIO
SPERIMENTALE
STRADALE s.r.l.
Via Boccaccio,2 - 20089 Rozzano (MI)
Partita IVA 01096160153 - Tel.02 90720887 - Fax.02 90781866
www.studiosperimentalestradale.it - info@studiosperimentalestradale.it

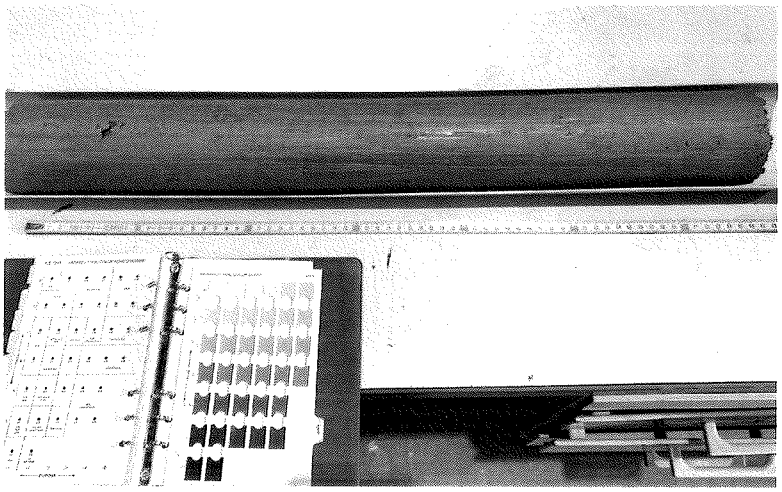
Rapporto di Prova
n. 23589 - 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale Certificato secondo la UNI EN ISO 9001 da CERSA
I dati di identificazione, contrassegno e posizione sono quelli dichiarati nella domanda di esecuzione e apposte sui campioni.

Rozzano 22/01/2021

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

Data di esecuzione : 12/01/2021



Lo Sperimentatore
Geol. Lorenzo Barrabino

Il Responsabile Tecnico
Dott. Ing. Silvia Zeni

I risultati sperimentali espressi si riferiscono solo ed esclusivamente ai campioni esaminati e descritti nel presente documento
E' vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di Studio Sperimentale Stradale srl

STUDIO
SPERIMENTALE
STRADALE s.r.l.
Via Boccaccio,2 - 20089 Rozzano (MI)
Partita IVA 01096160153 - Tel.02 90720887 - Fax.02 90781866
www.studiosperimentalestradale.it - info@studiosperimentalestradale.it

Rapporto di Prova
n. 23589 - 2

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale Certificato secondo la UNI EN ISO 9001 da CERSA
I dati di identificazione, contrassegno e posizione sono quelli dichiarati nella domanda di esecuzione e apposte sui campioni.

Rozzano 22/01/2021

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
ASTM D 2488/2000

Data di esecuzione : 12/01/2021

descrizione	limo con sabbia includente nella parte bassa rari granuli di dimensioni fino a circa 1 cm. Colorazione marrone giallastro (Tav. Munsell 10YR -5)
diametro interno	8,5 cm
lunghezza carota	65 cm
qualità del campione	buona

osservazioni : Pocket Penetrometer: 2,9-1,6-2,2 kg/cm2 (parte alta, centrale e bassa del campione).

STUDIO SPERIMENTALE STRADALE

Lo Sperimentatore
Geol. Lorenzo Barrabino

Il Responsabile Tecnico
Dott. Ing. Silvia Zeni

I risultati sperimentali espressi si riferiscono solo ed esclusivamente ai campioni esaminati e descritti nel presente documento
E' vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di Studio Sperimentale Stradale srl

STUDIO
SPERIMENTALE
STRADALE s.r.l.
Via Boccaccio,2 - 20089 Rozzano (MI)
Partita IVA 01096160153 - Tel.02 90720887 - Fax.02 90781866
www.studiosperimentalestradale.it - info@studiosperimentalestradale.it

Rapporto di Prova
n. 23589 - 3

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale Certificato secondo la UNI EN ISO 9001 da CERSA
I dati di identificazione, contrassegno e posizione sono quelli dichiarati nella domanda di esecuzione e apposte sui campioni.

Rozzano 22/01/2021

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA NATURALE

Racc. AGI/1994

Data di esecuzione : 12/01/2021

massa volumica apparente naturale	2,043	g/cm³

Lo Sperimentatore
Geol. Lorenzo Barrabino

Il Responsabile Tecnico
Dott. Ing. Silvia Zeni

I risultati sperimentali espressi si riferiscono solo ed esclusivamente ai campioni esaminati e descritti nel presente documento
E' vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di Studio Sperimentale Stradale srl

STUDIO
SPERIMENTALE
STRADALE s.r.l.
Via Boccaccio,2 - 20089 Rozzano (MI)
Partita IVA 01096160153 - Tel.02 90720887 - Fax.02 90781866
www.studiosperimentalestradale.it - info@studiosperimentalestradale.it

Rapporto di Prova
n. 23589 - 4

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale Certificato secondo la UNI EN ISO 9001 da CERSA
I dati di identificazione, contrassegno e posizione sono quelli dichiarati nella domanda di esecuzione e apposte sui campioni.

Rozzano 22/01/2021

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI
ASTM D 854/2000

Data di esecuzione : 14/01/2021

massa volumica apparente dei granuli	2,66	g/cm³

Lo Sperimentatore
Geol. Lorenzo Barrabino

Il Responsabile Tecnico
Dott. Ing. Silvia Zeni

I risultati sperimentali espressi si riferiscono solo ed esclusivamente ai campioni esaminati e descritti nel presente documento
E' vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di Studio Sperimentale Stradale srl

STUDIO
SPERIMENTALE
STRADALE s.r.l.
Via Boccaccio,2 - 20089 Rozzano (MI)
Partita IVA 01096160153 - Tel.02 90720887 - Fax.02 90781866
www.studiosperimentalestradale.it - info@studiosperimentalestradale.it

Rapporto di Prova n. 23589 - 5

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale Certificato secondo la UNI EN ISO 9001 da CERSA
I dati di identificazione, contrassegno e posizione sono quelli dichiarati nella domanda di esecuzione e apposte sui campioni.

Rozzano 22/01/2021

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
ASTM D 3080/1990

Data inizio - termine prova : 12/01/2021 - 21/01/2021

Caratteristiche dei provini

		Provino1	Provino2	Provino3
umidità iniziale	%	24,2	24,2	24,2
massa volumica naturale iniziale	Mg/m^3	2,09	2,07	2,02
massa volumica secca iniziale	Mg/m^3	1,68	1,67	1,63
spessore iniziale del provino	mm	23,00	23,00	23,00

Massa specifica dei grani (misurata) G Mg/m^3 2,66

Prova eseguita su provini ricavati da campione indisturbato, sottoposti a prova immersi

Fase di consolidazione

σ, kN/m^2	ΔH, mm	Δt,h
100	0,94	24
200	1,11	24
300	1,59	24

note: σ = sforzo normale applicato
ΔH = cedimento verticale
Δt = tempo complessivo di consolidazione

Fase di rottura

		Provino1	Provino2	Provino3
sforzo normale applicato	kN/m^2	100	200	300
sforzo di taglio di picco	kN/m^2	72,7	130,7	184,8
scorrimento orizzontale in corrispondenza dello sforzo di taglio di picco	mm	3,4	2,7	3,0
variazione spessore a rottura	mm	-0,341	-0,301	-0,295
velocità di rottura	mm/min	0,005	0,005	0,005

Lo Sperimentatore
Geol. Lorenzo Barrabino

Il Responsabile Tecnico
Dott. Ing. Silvia Zeni

I risultati sperimentali espressi si riferiscono solo ed esclusivamente ai campioni esaminati e descritti nel presente documento
E' vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di Studio Sperimentale Stradale srl

STUDIO
SPERIMENTALE
STRADALE s.r.l.
Via Boccaccio,2 - 20089 Rozzano (MI)
Partita IVA 01096160153 - Tel.02 90720887 - Fax.02 90781866
www.studiosperimentalestradale.it - info@studiosperimentalestradale.it

Rapporto di Prova
n. 23589 - 5

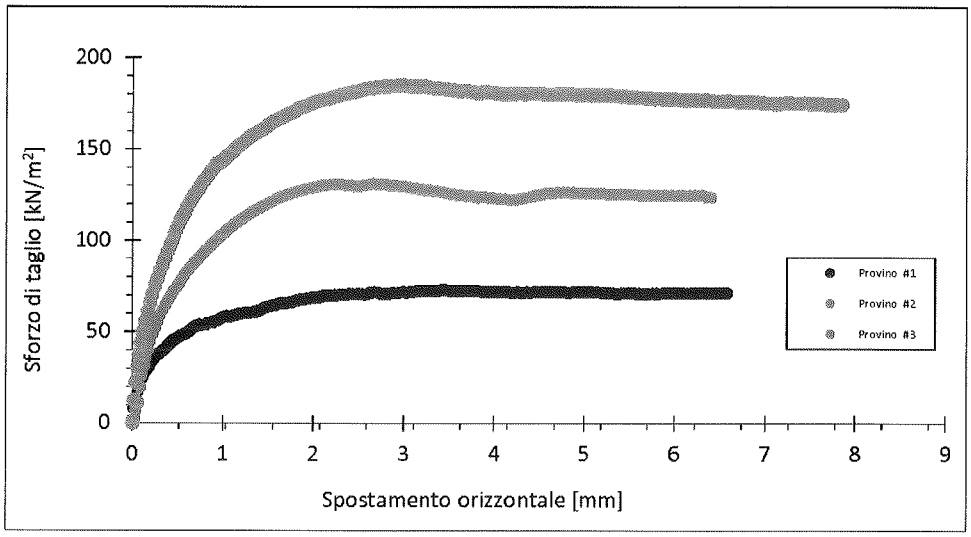
Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale Certificato secondo la UNI EN ISO 9001 da CERSA
I dati di identificazione, contrassegno e posizione sono quelli dichiarati nella domanda di esecuzione e apposte sui campioni.

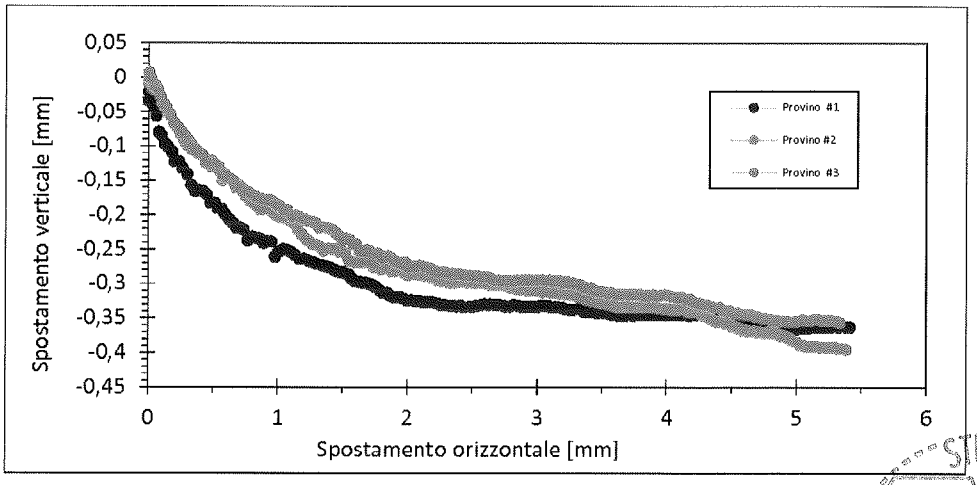
Rozzano 22/01/2021

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
ASTM D 3080/1990

Data inizio - termine prova : 12/01/2021 - 21/01/2021

Grafici - Fase di rottura





STUDIO SPERIMENTALE STRADALE

Lo Sperimentatore
Geol. Lorenzo Barrabino

Il Responsabile Tecnico
Dott. Ing. Silvia Zeni

I risultati sperimentali espressi si riferiscono solo ed esclusivamente ai campioni esaminati e descritti nel presente documento
E' vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di Studio Sperimentale Stradale srl

STUDIO
SPERIMENTALE
STRADALE s.r.l.
Via Boccaccio,2 - 20089 Rozzano (MI)
Partita IVA 01096160153 - Tel.02 90720887 - Fax.02 90781866
www.studiosperimentalestradale.it - info@studiosperimentalestradale.it

Rapporto di Prova
n. 23589 - 5

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale Certificato secondo la UNI EN ISO 9001 da CERSA
I dati di identificazione, contrassegno e posizione sono quelli dichiarati nella domanda di esecuzione e apposte sui campioni.

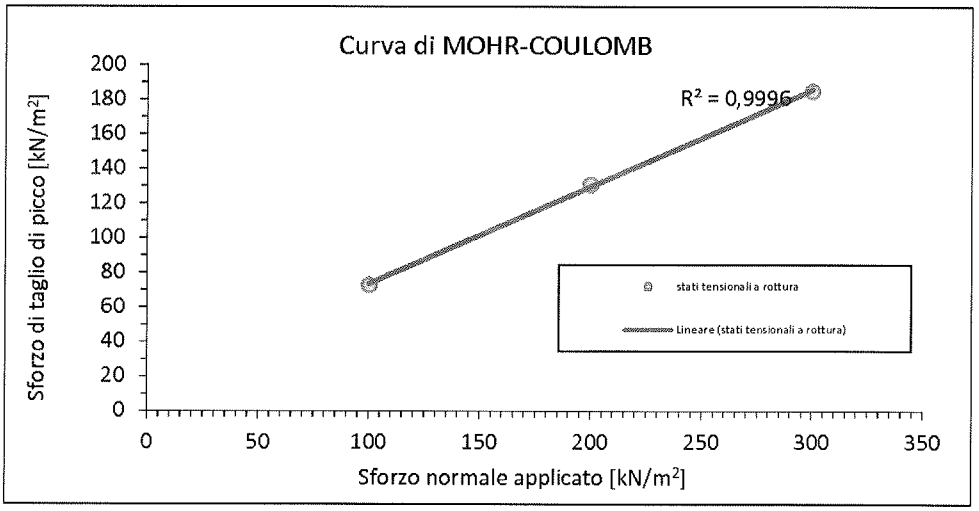
Rozzano 22/01/2021

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
ASTM D 3080/1990

Data inizio - termine prova : 12/01/2021 - 21/01/2021

Risultati

		Provino1	Provino2	Provino3
sforzo normale applicato	kN/m^2	100	200	300
sforzo di taglio di picco	kN/m^2	72,7	130,7	184,8
scorrimento orizzontale in corrispondenza dello sforzo di taglio di picco	mm	3,4	2,7	3,0
variazione spessore a rottura	mm	-0,341	-0,301	-0,295
velocità di rottura	mm/min	0,005	0,005	0,005
PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO				
coesione	c'	**17,4**	kN/m^2	
angolo di resistenza al taglio	ϕ'	**29**	°	



Lo Sperimentatore
Geol. Lorenzo Barrabino

Il Responsabile Tecnico
Dott. Ing. Silvia Zeni

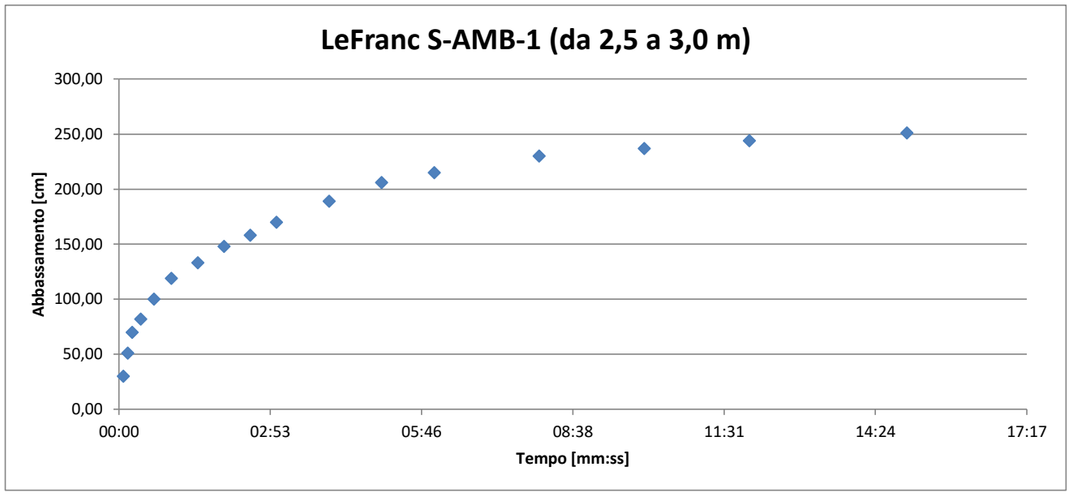
I risultati sperimentali espressi si riferiscono solo ed esclusivamente ai campioni esaminati e descritti nel presente documento
E' vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di Studio Sperimentale Stradale srl

ALLEGATO 5 – INTERPRETAZIONE PROVE LEFRANC

PIEZOMETRO	***S-AMB-1***	*Soggiacenza*	---
data	***30/12/2020***	*quota piezom*	----
Profondità:	***da 2.5 a 3.0 m***	*H [m]*	3,50

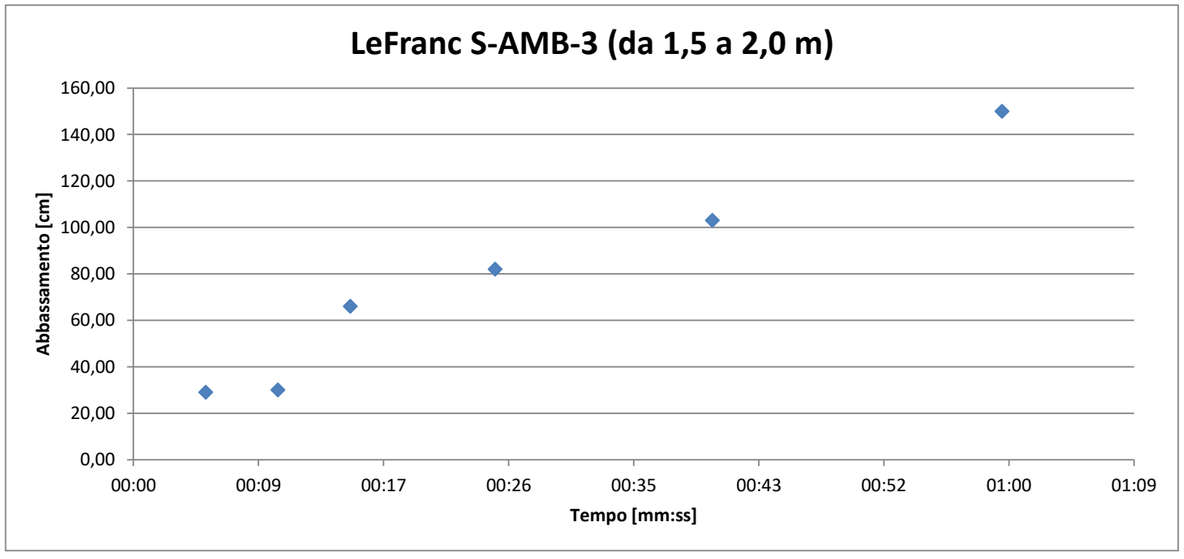
D (m)	0,10	F (m)	0,03
A (m2)	0,01	A/F (m)	0,29
L (m)	0,5		

tempo [mm:ss]	*abbassam. [cm]*	*t1 [s]*	*t2 [s]*	*H1*	*H2*	*K*	*dh1/dh2*	*ln(dh1/dh2)*
00:05	30,00	0	5	3,50	3,20	5,14E-03	1,09	0,09
00:10	51,00	5	10	3,20	2,99	3,89E-03	1,07	0,07
00:15	70,00	10	15	2,99	2,80	3,77E-03	1,07	0,07
00:25	82,00	15	25	2,80	2,68	1,26E-03	1,04	0,04
00:40	100,00	25	40	2,68	2,50	1,33E-03	1,07	0,07
01:00	119,00	40	60	2,50	2,31	1,13E-03	1,08	0,08
01:30	133,00	60	90	2,31	2,17	5,98E-04	1,06	0,06
02:00	148,00	90	120	2,17	2,02	6,85E-04	1,07	0,07
02:30	158,00	120	150	2,02	1,92	4,85E-04	1,05	0,05
03:00	170,00	150	180	1,92	1,80	6,17E-04	1,07	0,06
04:00	189,00	180	240	1,80	1,61	5,33E-04	1,12	0,11
05:00	206,00	240	300	1,61	1,44	5,33E-04	1,12	0,11
06:00	215,00	300	360	1,44	1,35	3,08E-04	1,07	0,06
08:00	230,00	360	480	1,35	1,20	2,81E-04	1,13	0,12
10:00	237,00	480	600	1,20	1,13	1,44E-04	1,06	0,06
12:00	244,00	600	720	1,13	1,06	1,53E-04	1,07	0,06
15:00	251,00	720	900	1,06	0,99	4,11E-04	1,07	0,07
17:00								
20:00								
25:00								
30:00								
			K media (m/s)	***4,32E-04***				



PIEZOMETRO	***S-AMB-3***	*Soggiacenza*	---	D (m)	0,10	F (m)	0,03
data	***18/12/2020***	*quota piezom*	----	A (m2)	0,01	A/F (m)	0,29
Profondità:	***da 1.5 a 2.0 m***	*H [m]*	2,50	L (m)	0,5		

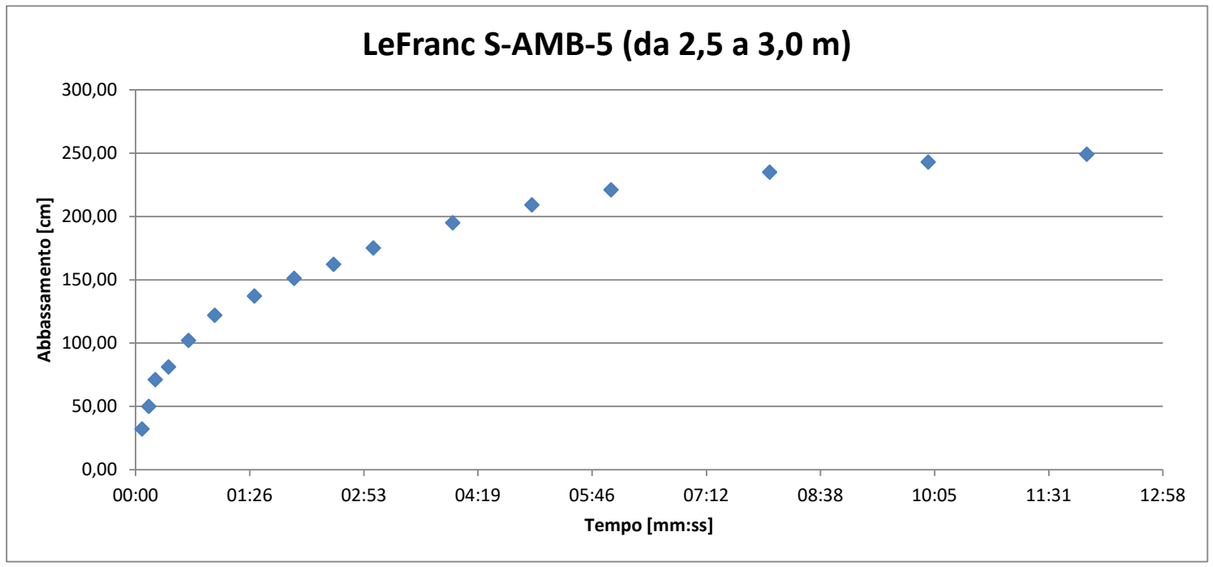
tempo [mm:ss]	***abbassam. [cm]***	***t1 [s]***	***t2 [s]***	***H1***	***H2***	***K***	***dh1/dh2***	***ln(dh1/dh2)***
00:05	29,00	0	5	2,50	2,21	7,07E-03	1,13	0,12
00:10	30,00	5	10	2,21	2,20	2,60E-04	1,00	0,00
00:15	66,00	10	15	2,20	1,84	1,02E-02	1,20	0,18
00:25	82,00	15	25	1,84	1,68	2,61E-03	1,10	0,09
00:40	103,00	25	40	1,68	1,47	2,55E-03	1,14	0,13
01:00	150,00	40	60	1,47	1,00	5,52E-03	1,47	0,39
01:30								
02:00								
02:30								
03:00								
04:00								
05:00								
06:00								
08:00								
10:00								
12:00								
15:00								
17:00								
20:00								
25:00								
30:00								
			K media (m/s)	***4,7E-03***				



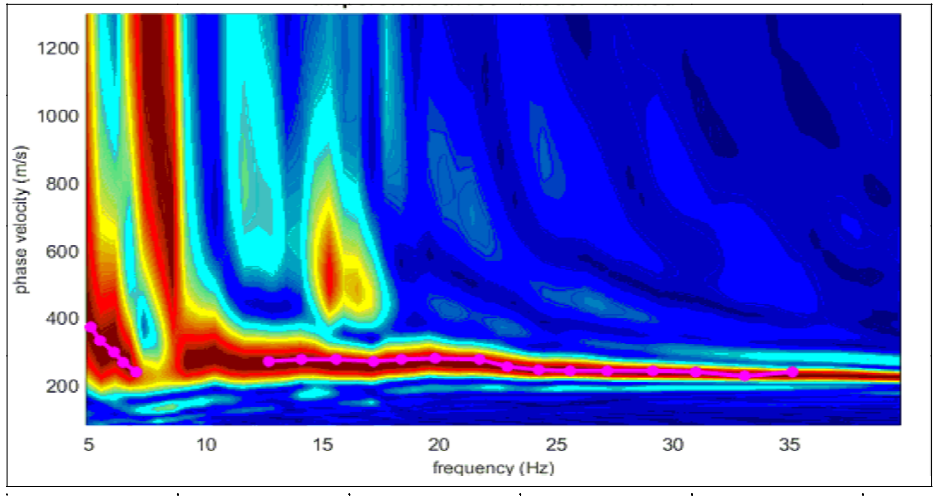
PIEZOMETRO	***S-AMB-5***	*Soggiacenza*	---
data	***18/12/2020***	*quota piezom*	----
Profondità:	***da 2.5 a 3.0 m***	*H [m]*	3,50

D (m)	0,10	F (m)	0,03
A (m2)	0,01	A/F (m)	0,29
L (m)	0,5		

tempo [mm:ss]	***abbassam. [cm]***	***t1 [s]***	***t2 [s]***	***H1***	***H2***	***K***	***dh1/dh2***	***ln(dh1/dh2)***
00:05	32,00	0	5	3,50	3,18	5,50E-03	1,10	0,10
00:10	50,00	5	10	3,18	3,00	3,34E-03	1,06	0,06
00:15	71,00	10	15	3,00	2,79	4,16E-03	1,08	0,07
00:25	81,00	15	25	2,79	2,69	1,05E-03	1,04	0,04
00:40	102,00	25	40	2,69	2,48	1,55E-03	1,08	0,08
01:00	122,00	40	60	2,48	2,28	1,21E-03	1,09	0,08
01:30	137,00	60	90	2,28	2,13	6,50E-04	1,07	0,07
02:00	151,00	90	120	2,13	1,99	6,50E-04	1,07	0,07
02:30	162,00	120	150	1,99	1,88	5,44E-04	1,06	0,06
03:00	175,00	150	180	1,88	1,75	6,85E-04	1,07	0,07
04:00	195,00	180	240	1,75	1,55	5,80E-04	1,13	0,12
05:00	209,00	240	300	1,55	1,41	4,52E-04	1,10	0,09
06:00	221,00	300	360	1,41	1,29	4,25E-04	1,09	0,09
08:00	235,00	360	480	1,29	1,15	2,75E-04	1,12	0,11
10:00	243,00	480	600	1,15	1,07	1,72E-04	1,07	0,07
12:00	249,00	600	720	1,07	1,01	1,38E-04	1,06	0,06
15:00								
17:00								
20:00								
25:00								
30:00								
			K media (m/s)	***4,57E-04***				



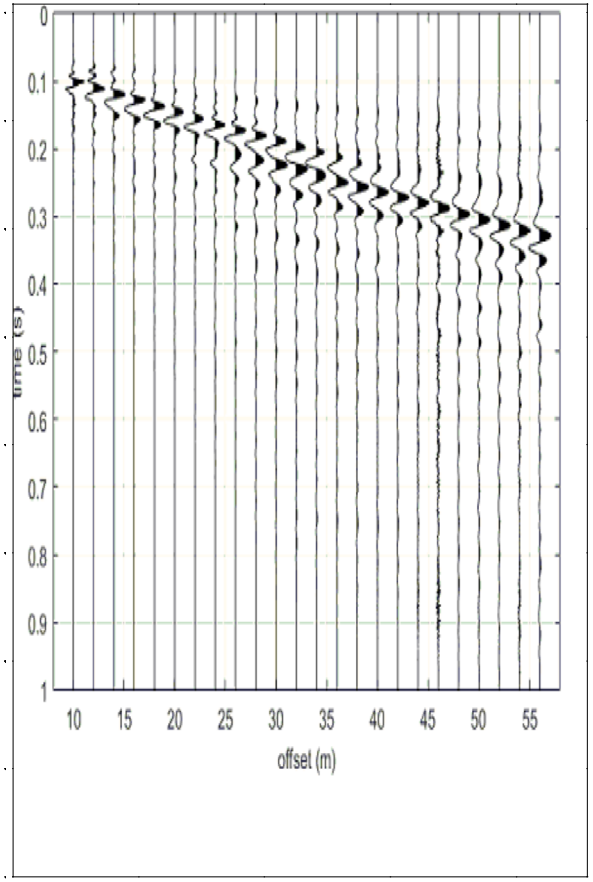
*ALLEGATO 6 – **ELABORAZIONE INDAGINE SISMICA***



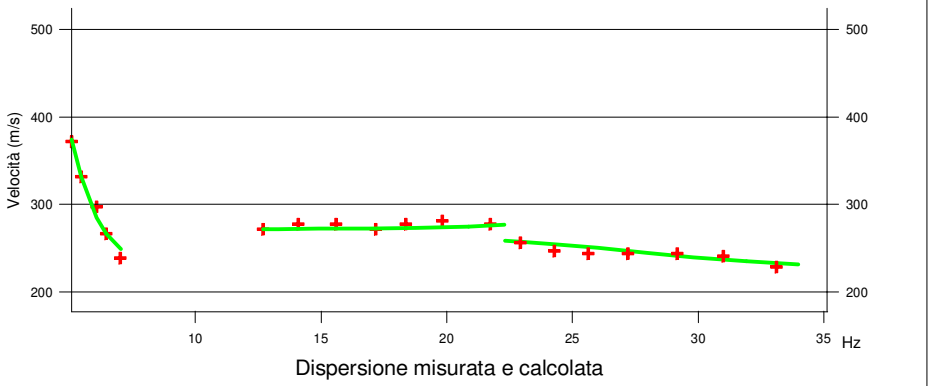
LEGENDA

- Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

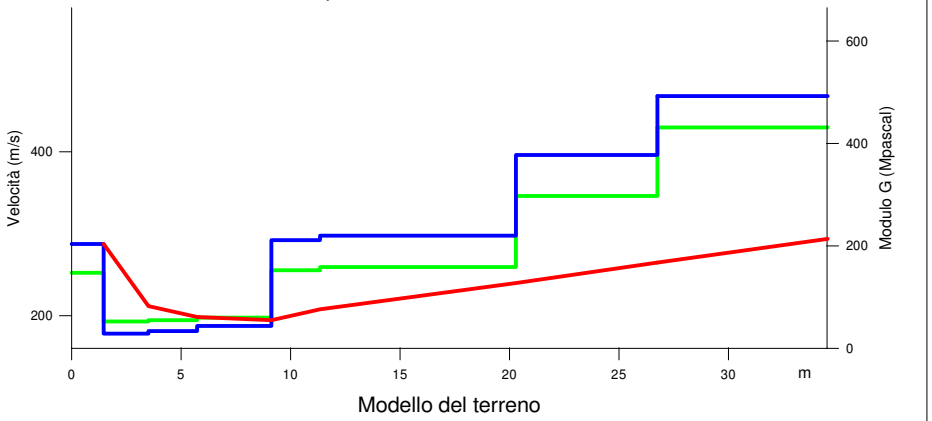
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula D=1.5 + Vs/1000



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1.5	288	.0051	288	148
1.5	3.5	178	.0116	211	53
3.5	5.8	181	.0123	199	55
5.8	9.1	188	.018	194	60
9.1	11.4	292	.0076	208	153
11.4	20.3	297	.0301	240	159
20.3	26.7	396	.0162	265	298
26.7	34.5	468	.0166	294	431

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 278 m/s

PROVA SISMICA VS30

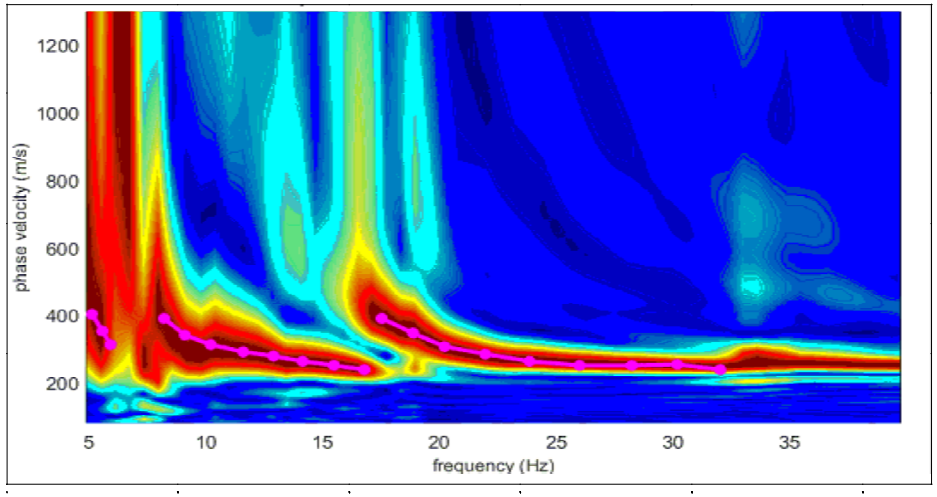
Località: Santo Stefano Ticino (MI)

Ambiente SC

Metodologia MASW - Masw 1

VELOCITA' DELLE ONDE S

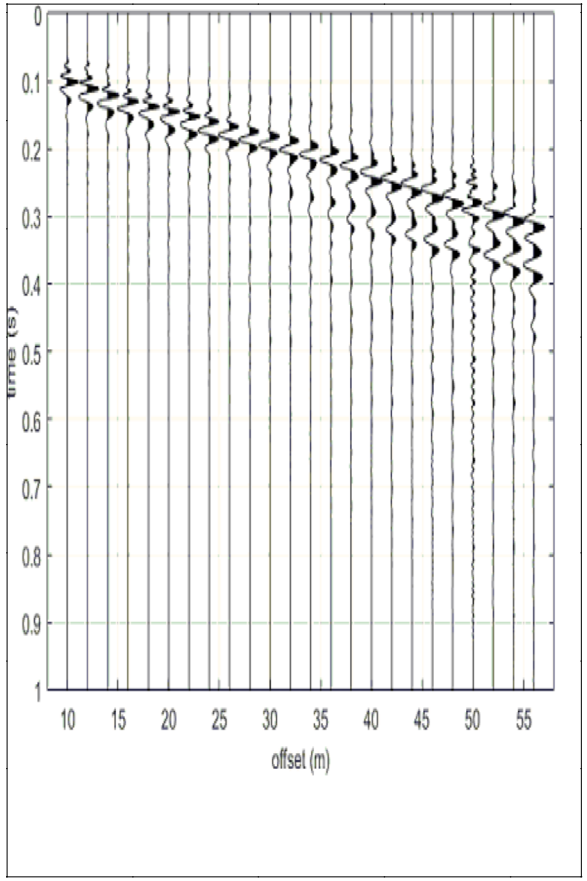
All. 2/a	Dicembre 2020	



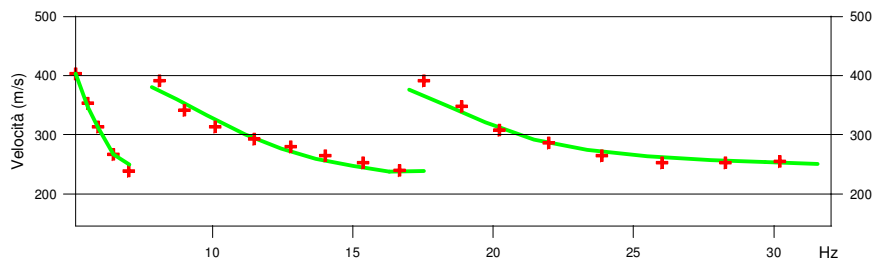
LEGENDA

- Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

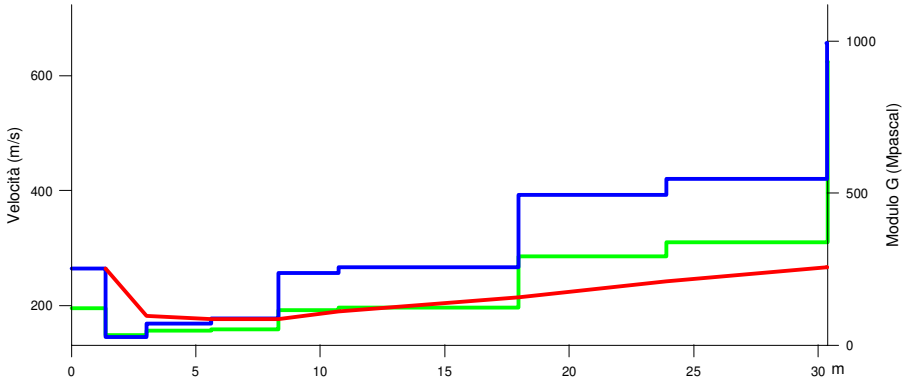
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula D=1.5 + Vs/1000



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1.4	264	.0052	264	123
1.4	3	145	[illegible]	182	35
3	5.6	[illegible]	[illegible]	176	48
5.6	8.3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	53
8.3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	116
10.7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
18	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
23.9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

VALORE 265 m/s

Firmato digitalmente da

Paolo Francesco Mauri

O = Ordine dei Geologi della Lombardia

C = IT

PROVA SISMICA VS30

Località: Santo Stefano Ticino (MI)

Ambiente SC

Metodologia MASW - Masw 2

VELOCITA' DELLE ONDE S

All. 2/b	Dicembre 2020	